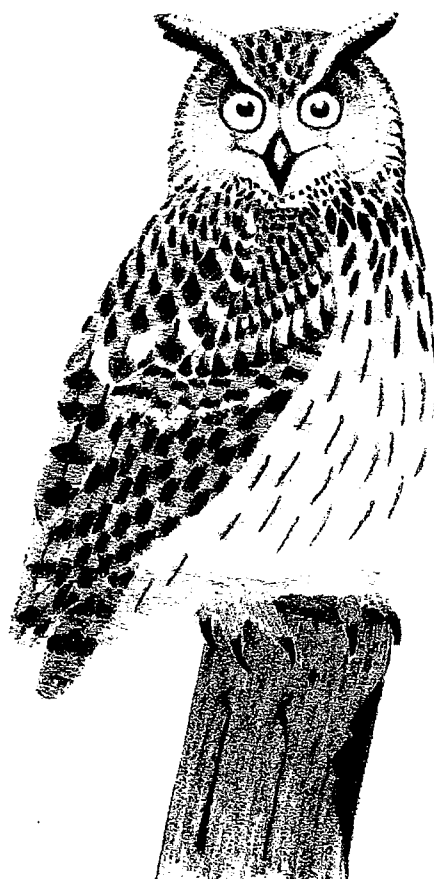


# A ecologia trófica do Bufo-real *Bubo bubo* e as implicações conservacionistas em ecossistemas mediterrânicos



**Rui Nascimento Fazenda Lourenço**

Dissertação apresentada para obtenção do  
grau de Mestre em Biologia da Conservação

**Orientador: Prof. João E. Rabaça**

Universidade de Évora

2005

Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri

# **A ecologia trófica do Bufo-real *Bubo bubo* e as implicações conservacionistas em ecossistemas mediterrânicos**

**Rui Nascimento Fazenda Lourenço**

**Dissertação apresentada para obtenção do  
grau de Mestre em Biologia da Conservação**

**Orientador: Prof. João E. Rabaça**



157688

**Universidade de Évora**

**2005**

**Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri**

50 2

# **A ecologia trófica do Bufo-real *Bubo bubo* e as implicações conservacionistas em ecossistemas mediterrânicos**

Rui Fazenda Lourenço

## **Índice**

Resumo.....	1
Abstract.....	2
1. Introdução .....	3
2. Informação biológica e aspectos da conservação do Bufo-real em ecossistemas mediterrânicos.....	4
2.1. Descrição .....	4
2.2. Biogeografia, distribuição e situação populacional.....	4
2.4. Comportamento.....	7
2.5. Utilização dos biótopos.....	7
2.6. Biologia da reprodução.....	8
2.7. Factores de ameaça e causas de mortalidade.....	9
2.8. Critérios de conservação e instrumentos legais.....	9
2.9. Ecologia trófica.....	9
2.9.1. Introdução teórica sobre a ecologia trófica.....	9
2.9.2. Ecologia trófica do Bufo-real .....	11
4. Área de estudo .....	12
5. Os hábitos alimentares do Bufo-real na Península Ibérica.....	14
6. Implicações conservacionistas dos hábitos alimentares do Bufo-real no Sul de Portugal .....	27
7. Conclusões finais .....	48
8. Referências bibliográficas.....	50

## Resumo

O Bufo-real (*Bubo bubo*) é um dos principais predadores de topo na Península Ibérica e uma espécie classificada como Vulnerável em Portugal (ICN *in press*). A conservação desta ave em ecossistemas mediterrânicos depende da existência de conhecimento de base sobre a sua biologia, nomeadamente a ecologia trófica. A predação, sobretudo por espécies de topo, é um mecanismo fundamental do funcionamento dos ecossistemas. Os objectivos deste estudo são (1) conhecer as estratégias alimentares do Bufo-real na Península Ibérica e (2) analisar as consequências da sua dieta no Sul de Portugal em termos de conservação.

O estudo desenrolou-se no Sul de Portugal, mais especificamente nas áreas do Parque Natural da Serra de São Mamede, Bacia Média do Guadiana, Serra de Monfurado e Nordeste Algarvio.

Os casais de Bufo-real foram detectados com recurso a escuta de vocalizações espontâneas e reprodução de vocalizações conspecíficas. As amostras de restos alimentares foram recolhidos nos ninhos e poisos utilizados pelas aves. A identificação das presas foi realizada com o apoio de colecções de referência e chaves específicas, tendo sido calculados: a frequência na dieta e o contributo em termos de biomassa. As estratégias alimentares na Península Ibérica foram estudadas utilizando os dados obtidos para Portugal e os resultados publicados relativos a diversas regiões de Espanha, com recurso a uma análise de componentes principais (PCA). A relação entre as frequências das presas foi analisada recorrendo à correlação de Spearman.

Os principais resultados obtidos apontam para a existência de três estratégias alimentares na Península Ibérica: dietas baseadas em lagomorfos; dietas baseadas em roedores; e dietas com maior diversidade mas cuja presa principal são os lagomorfos. No Sul de Portugal, os lagomorfos são as presas principais, sobretudo o coelho. Alguns casais alimentam-se sobretudo de lagomorfos, enquanto outros apresentam dietas mais diversificadas, embora os coelhos e lebres sejam a base alimentar. As aves de médio porte, os ouriços e os roedores são as presas complementares mais comuns.

O Bufo-real depende dos lagomorfos pelo que é essencial a manutenção da disponibilidade destas presas, fundamentais a diversos predadores ibéricos. O efeito regulador do Bufo-real é mal conhecido, sendo importante estudar as interações com as suas presas, a maioria espécies cinegéticas, mas também meso-predadores ou espécies de importância conservacionista. A conservação desta espécie pode passar, em grande medida, por uma correcta gestão dos habitats incluídos no território dos casais, de modo a permitir uma maior disponibilidade de presas.

## **Abstract**

### **The food habits of the Eagle Owl *Bubo bubo* and the conservation implications in mediterranean ecosystems**

The Eagle Owl (*Bubo bubo*) is one of the main top predators living in the Iberian Peninsula and a species considered vulnerable in Portugal (ICN *in press*). The conservation of this owl in mediterranean ecosystems depends upon knowing its life history, namely the food habits, once large predators have an active role in food chains. The aims of this study consist in understanding feeding strategies of Iberian Eagle Owls and analysing diet consequences on conservation in Southern Portugal.

The study was conducted in Southern Portugal, in the Serra de São Mamede Natural Park, the Mid Guadiana River Basin and Monfurado (Central Alentejo), and the North-eastern Algarve.

Eagle Owl pairs were detected by spontaneous calls and response to playback of conspecific calls. Feeding remains were collected in nests and perches and identified using reference collections and specific studies. Frequency in the diet and biomass contribution were calculated for each prey. Feeding strategies were studied based on our data for Portugal and published results for Spanish regions, using a Principal Components Analysis (PCA). Relations between prey frequencies were analysed using Spearman's correlation.

The results highlight the existence of three feeding strategies in the Iberian Peninsula: diets based on lagomorphs; diets based on rodents; and diversified diets where lagomorphs are important preys. In Southern Portugal, lagomorphs are the most important preys, and rabbits above all. Some pairs feed mainly on lagomorphs while others have diversified diets, based on rabbits and hares. Medium sized birds, hedgehogs and rodents are the most common complementary preys.

The Eagle Owl is dependent of lagomorphs in Iberian mediterranean ecosystems, reason why is essential maintaining the availability of these preys, also fundamental for many predators. The regulation effect of the Eagle Owl on its preys has been poorly studied, although this owl feeds mainly on game species, but also on meso-predators and species of conservation concern. The conservation of this predator seems to be dependent on a correct management of the habitats included in the territory of each pair, in order to achieve a good prey availability.

## 1. Introdução

A conservação de uma espécie ameaçada assenta necessariamente nos pilares do conhecimento adquirido no âmbito de várias disciplinas das ciências naturais e sociais. A biologia da conservação é considerada uma área científica de síntese e uma das suas componentes principais é a ecologia (Meffe & Carroll 1997).

No campo da ecologia, a ciência das relações entre os organismos vivos e o meio abiótico, está incluída muita da informação de base essencial à biologia da conservação, nomeadamente em termos de conhecimento dos habitats indispensáveis à sobrevivência da espécie e estudo das interações específicas e função ecológica nos ecossistemas.

A elaboração de planos de conservação para as espécies que apresentam situações desfavoráveis é uma das ferramentas básicas em biologia da conservação (Sutherland 2000), tendo estes planos sido já preparados para algumas das aves mais ameaçadas da Europa (e.g. González 1996, De Juana & Martínez 1997, Arroyo & Ferreiro 2001).

De modo a que seja possível delinear as medidas de conservação mais adequadas para uma espécie é primeiro necessário reunir informação sobre a sua biologia, nomeadamente: dimensão populacional, distribuição geográfica, tendência populacional, ecologia, factores limitantes e ameaças (Sutherland 2000, ver também González 1996, Arroyo & Ferreiro 2001).

A tarefa de síntese de conhecimentos é então um dos primeiros passos em biologia da conservação. No caso deste estudo, apresenta-se em seguida uma recolha da informação biológica existente, aplicada à conservação do Bufo-real *Bubo bubo* (Linnaeus, 1758) em ecossistemas mediterrânicos, e mais especificamente no Sul de Portugal.

## **2. Informação biológica e aspectos da conservação do Bufo-real em ecossistemas mediterrânicos**

### **2.1. Descrição**

O Bufo-real pertence à Ordem Strigiformes (Voous 1977, Sibley & Monroe 1996, Howard & Moore 2003) e é a maior ave de rapina nocturna do Paleártico Ocidental e uma das maiores do mundo (Mikkola 1983, Burton 1992).

Os indivíduos de maiores dimensões pertencem à subespécie *Bubo bubo sibiricus* (Mikkola 1983) e atingem comprimentos de asa de 45,6 cm (machos) e 49,1 cm (fêmeas) (Cramp 1985), claramente superiores aos valores referentes à subespécie que ocorre em Portugal, *B. b. hispanus*, cujo comprimento de asa ronda os 42,2 cm (machos) e 45,3 cm (fêmeas) (Martínez *et al.* 2002).

O peso médio dos indivíduos da subespécie ibérica é 1543 g para os machos e 2027 g para as fêmeas (Martínez *et al.* 2002), inferior aos valores médios para a subespécie centro-europeia *B. b. bubo*, sobretudo quando comparado com as populações da Rússia (machos: 2458 g; fêmeas: 3164 g) (Cramp 1985).

A envergadura do Bufo-real, na Península Ibérica, varia entre os 147 cm (macho) e 160 cm (fêmea) (Martínez *et al.* 2002), tendo uma dimensão aproximada a algumas das águias de maior dimensão que aí ocorrem: e.g. Águia-cobreira *Circaetus gallicus* (envergadura: 185-195 cm; peso: 1664-1735 g), Águia-imperial-ibérica *Aquila adalberti* (envergadura: 180-210 cm), Águia de Bonelli *Hieraaetus fasciatus* (envergadura: 150-180 cm; peso: 1721-2386 g) (Snow & Perrins 1998).

O comprimento total na subespécie *B. b. hispanus* ronda os 63,0 cm para os machos e 67,4 cm para as fêmeas (Martínez *et al.* 2002). Ao nível da plumagem esta subespécie é bastante similar à subespécie nominal *B. b. bubo*, diferindo apenas na cor de fundo mais clara e nas listas melhor definidas na região ventral (Mikkola 1983).

O dorso apresenta um padrão geral de manchas castanhas e pretas enquanto o ventre é amarelo-acastanhado pálido com listas verticais pretas bastante proeminentes no peito (Mikkola 1983, Cramp 1985). O disco facial é castanho-acinzentado onde se destacam os olhos com íris laranja e os tufos auriculares escuros e compridos (Mikkola 1983).

### **2.2. Biogeografia, distribuição e situação populacional**

O Género *Bubo* apresenta uma distribuição mundial vasta, estando apenas ausente da região Australásia (Cramp 1985). Segundo Howard & Moore (2003) incluem-se neste Género 19 espécies, enquanto Sibley & Monroe (1996) apenas consideram 15 espécies. Assim ambos estes autores consideram as seguintes espécies no Género *Bubo*: *B.*

*virginianus*; *B. bubo*, *B. ascalaphus*, *B. bengalensis*, *B. capensis*, *B. africanus*, *B. poensis*, *B. vosseleri*, *B. nipalensis*, *B. sumatranus*, *B. shelleyi*, *B. lacteus*, *B. coromandus*, *B. leucostictus*, *B. philippensis*, diferindo em quatro espécies, incluídas no Género *Ketupa* por Sibley & Monroe (1996) e no Género *Bubo* por Howard & Moore (2003): *Ketupa blakistoni*, *K. zeylonensis*, *K. flavipes*, *K. ketupu*.

O Bufo-real *Bubo bubo* é considerada uma espécie do tipo paleártico, embora a sua distribuição abranja todo o Paleártico e parte das regiões Indo-malaia e Afro-tropical (Mikkola 1983, Newton 2003). Trata-se de uma espécie politípica com diferenças morfológicas entre subespécies sobretudo ao nível das cores da plumagem e da dimensão (Mikkola 1983, Cramp 1985).

As subespécies reconhecidas no Paleártico Ocidental são *B. b. bubo*, *B. b. hispanus*, *B. b. ruthenus*, *B. b. sibiricus*, *B. b. interpositus*, *B. b. nikolskii*, *B. b. turcomanus*, *B. b. glatkovi* (Mikkola 1983, Cramp 1985). Relativamente às subespécies *B. b. desertorum*, *B. b. ascalaphus*, *B. b. bengalensis*, existem divergências entre autores que as consideram como espécies distintas (e.g. Sibley & Monroe 1996, Howard & Moore 2003).

O Bufo-real ocorre em grande parte do Paleártico Ocidental, constituindo excepções a Islândia, Grã-Bretanha, Irlanda, França Ocidental e várias ilhas mediterrânicas (Mikkola 1983, Donazar & Kalinainen 1997, Snow & Perrins 1998). No Norte de África ocorre a espécie *Bubo ascalaphus* (Sibley & Monroe 1996, Howard & Moore 2003) considerada por alguns autores como subespécie do Bufo-real *Bubo bubo* (e.g. Snow & Perrins 1998).

Durante a primeira metade do Século XX, o Bufo-real sofreu um acentuado declínio em várias regiões da Europa, devido sobretudo à perseguição humana e profunda alteração dos habitats (Mikkola 1983, Donazar & Kalinainen 1997).

Segundo Mikkola (1994), a população reprodutora do Bufo-real, em 34 países europeus onde ocorre, encontrava-se, no início dos anos 90 entre os 11.000 e os 40.000 casais, registando-se os maiores valores para a Escandinávia e Rússia. Embora se encontrasse estável ou em crescimento, a população europeia do Bufo-real, no seu global, estava em declínio, sendo por isso incluída na Categoria SPEC 3 e atribuído o estatuto de Vulnerável (Mikkola 1994). O trabalho posterior de Donazar & Kalinainen (1997) para estes 34 países apontava, em meados da década de 90, para uma população reprodutora entre 12.853 e 37.926 casais e uma tendência populacional de declínio, em consonância com Mikkola (1994).

A estimativa mais recente da população reprodutora europeia, do início do Século XXI, aponta para 12.000 a 42.000 casais, dos quais 9.100 a 20.000 em países da União Europeia, indicando uma tendência populacional actual estável, embora a nível pan-europeu



a situação seja mais desfavorável (BirdLife International/EBCC 2000, BirdLife International 2004).

A situação do Bufo-real em Espanha é bem conhecida, estando distribuído por praticamente todo o País, à excepção do Litoral Cantábrico e parte da Galiza (Martínez & Zuberogoitia 2003). Comparativamente à estimativa menos precisa de Purroy (1997), que apontava a existência de 520 a 600 casais reprodutores em Espanha, os dados mais realistas de Martínez & Zuberogoitia (2003) referem a existência de uma população reprodutora mínima de 2345 casais. Esta diferença é devida à dificuldade de detecção da espécie, que apesar da sua dimensão pode facilmente passar despercebida, sobretudo quando ocupa habitats considerados menos típicos (Donazar & Kalinainen 1997, Martínez & Zuberogoitia 2003). Ainda assim a tendência populacional parece crescente (Martínez & Zuberogoitia 2003).

A informação disponível para Portugal, em termos da situação populacional do Bufo-real é reduzida e pouco precisa. A estimativa de Rufino (1989) corresponde a um intervalo entre 100 e 1.000 casais reprodutores, tendo desde a mesma decorrido já vários anos.

No âmbito desta tese, foi realizada uma compilação de informações diversas sobre a ocorrência da espécie, muitas das quais não publicadas, resultando uma estimativa dos efectivos no Sul de Portugal na ordem dos 150 a 200 casais reprodutores e para todo o País uma população de 200 a 400 casais. A informação utilizada para a realização destas estimativas foi a seguinte: Rufino (1989), Santos (1998), Elias *et al.* (1998), Álvares & Figueira (1999), Lourenço (2000), Lourenço *et al.* (2002), Lourenço (2002), Pinheiro (2003), Costa *et al.* (2003), CEAI (2004), Lourenço (2004), bem como diversas observações ocasionais não incluídas nestes trabalhos.

O Bufo-real ocorre de Norte a Sul de Portugal, embora a sua distribuição esteja concentrada ao longo da metade interior e bastante associada aos vales encaixados dos rios principais (Fig. 1; Rufino 1989, Lourenço *et al.* 2002, R.F. Lourenço dados não publicados). A tendência populacional não é conhecida uma vez que a espécie não é alvo de monitorização dos efectivos reprodutores.

Esta espécie está incluída na categoria *Raro* dos estatutos de conservação do ICN, apresentando uma tendência populacional regressiva (Cabral *et al.* 1990). Na revisão do Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal apresenta a categoria Vulnerável, atribuída com base no critério D1, i.e., tamanho estimado da população menor do que 1.000 indivíduos maduros (ICN *in press*).

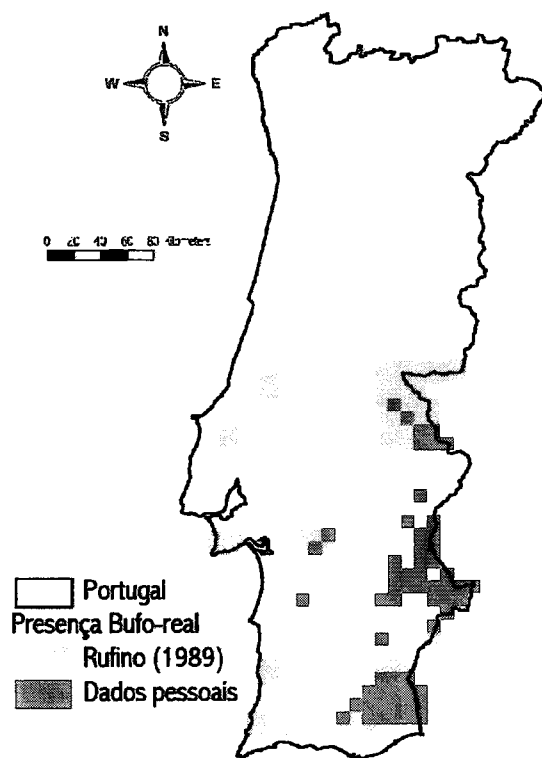


Figura 1. Distribuição do Bufo-real *Bufo bufo* no Sul de Portugal, com base em Rufino (1989) e em dados pessoais (1997-2005).

## 2.4. Comportamento

O Bufo-real é uma espécie sedentária e bastante territorial ao longo de todo o ano (Mikkola 1983). No entanto, algumas populações nos limites Norte da distribuição (e.g. Rússia) apresentam um comportamento nómada face a Invernos muito rigorosos (Cramp 1985), bem como populações de zonas montanhosas (Mikkola 1983). Os indivíduos imaturos realizam movimentos de dispersão, que podem atingir os 200 km, no entanto, a maioria nunca ultrapassa os 50 km (Mikkola 1983, Cramp 1985). Esta espécie tem actividade crepuscular e nocturna, sendo por isso de difícil observação (Mikkola 1983). Apresenta uma considerável actividade vocal, uma vez que os chamamentos constituem o principal meio utilizado para a defesa do território e atracção de parceiros (Mikkola 1983).

## 2.5. Utilização dos biótopos

A dimensão dos territórios de Bufo-real na Península Ibérica é mal conhecida, no entanto, a sua dimensão é relativamente pequena, isto é, quase sempre inferior a 10 km<sup>2</sup> (Ruiz-Martínez *et al.* 1996, Lourenço 2000, V. Penteriani *com. pess.*).

Em termos de selecção do habitat, os estudos existentes apontam para uma preferência por zonas com alguma irregularidade topográfica localizadas em regiões de altitudes baixa ou média e com matagais e culturas de sequeiro (Donazar 1988, Martínez *et al.* 1992, Martínez & Calvo 2000, Penteriani *et al.* 2001, Martínez *et al.* 2003). A heterogeneidade da paisagem e a disponibilidade de coelho parecem igualmente características favoráveis. Áreas com maior densidade populacional e várias estradas alcatroadas são evitadas.

No Sul de Portugal, as áreas mais favoráveis para o Bufo-real são os vales ripícolas ou cristas rochosas rodeadas por matagais, zonas agrícolas de sequeiro ou montados pouco densos, onde as presas são abundantes, muitas vezes associado a zonas de caça especial (Santos 1998, Lourenço 2000, Lourenço *et al.* 2002, Pinheiro 2003, CEAI 2004, Lourenço 2004).

## **2.6. Biologia da reprodução**

Nos ambientes mediterrânicos o Bufo-real inicia a reprodução bastante cedo, decorrendo em todas as suas fases entre Novembro e Maio.

Como local de nidificação utiliza sobretudo plataformas em encostas rochosas, embora pontualmente ocupe ninhos em árvores construídos por outras espécies (*e.g.* cegonhas) ou nidifique no chão (Mikkola 1983). No Sul de Portugal os ninhos encontram-se maioritariamente em vales escarpados, cristas rochosas e pedreiras abandonadas (Lourenço 2000, Pinheiro 2003, CEAI 2004).

Esta espécie apenas realiza uma postura, embora sejam frequentes posturas de reposição em caso de perda de ovos ou crias (Mikkola 1983). A postura é geralmente de dois a três ovos (por vezes quatro), que são incubados sobretudo pela fêmea durante 32 a 35 dias (Mikkola 1983). Após a eclosão, as crias dependem da alimentação dos progenitores durante cerca de três meses (Cramp 1985, Penteriani *et al.* 2004b). O sucesso reprodutor é normalmente elevado, se na região em causa não estiverem sujeitos a muitos factores de perturbação. Blondel & Badan (1979) referem para a Provença (França) uma média de 2,7 juvenis por casal em 13 ninhos com posturas. Olsson (1997) aponta um valor médio de 0,7 juvenis por casal para a Suécia. Penteriani *et al.* (2004a) apresentam uma produtividade média de 1,7 juvenis por casal na Provença. Em Murcia (Espanha) a produtividade média (número de juvenis por casal) varia entre 0,9 e 2,4 (Martínez *et al.* 1992). No Sul de Portugal, Pinheiro (2003) refere para dois anos consecutivos os valores de sucesso reprodutor de 1,1 e 2,2 crias por casal com postura.

## 2.7. Factores de ameaça e causas de mortalidade

Os principais factores de ameaça do Bufo-real, a nível europeu, estão associados à acção directa do Homem, sendo os mais relevantes:

- a) Perturbação humana devido à prática de actividades de lazer nas imediações dos ninhos (Mikkola 1994);
- b) Abate ilegal de aves (Mikkola 1994, Martínez & Zuberogoitia 2003);
- c) Colisão e electrocussão em linhas de transporte de energia (Rubolini *et al.* 2001, Sergio *et al.* 2004);
- d) Mortalidade por atropelamento, sobretudo de juvenis (Mikkola 1994);
- e) Pilhagem de ovos e crias no ninho (Mikkola 1994, Martínez & Zuberogoitia 2003);
- f) Declínio das populações de coelho-bravo devido a epizootias (Donázar & Kalinainen 1997, Martínez & Zuberogoitia 2001, Martínez & Calvo 2001, Martínez & Zuberogoitia 2003).

## 2.8. Critérios de conservação e instrumentos legais

O Bufo-real está incluído na categoria SPEC 3, dado apresentar uma situação desfavorável na Europa, embora a sua população mundial não esteja concentrada exclusivamente nesta região (BirdLife International 2004).

Esta espécie está incluída no Anexo I da Directiva Aves (79/409/CEE; DL 140/99 de 24 de Abril) e no Anexo II da Convenção de Berna (DL 95/81 de 23 de Julho; DL 316/89 de 22 de Setembro).

## 2.9. Ecologia trófica

### 2.9.1. Introdução teórica sobre a ecologia trófica

As interacções entre espécies são um dos temas centrais da ecologia e um pilar para a compreensão dos ecossistemas, no entanto, estas apresentam uma elevada complexidade, o que nalguns casos dificulta a sua compartimentação em categorias estanques (Brewer 1994). Uma divisão inicial possível destas interacções poderá ser agrupá-las em interacções tróficas (nas quais uma espécie utiliza outra como alimento) e interacções não tróficas (Brewer 1994). Na primeira categoria estão incluídas, entre outras, a predação e o parasitismo, enquanto que a segunda categoria abrange o comensalismo, a competição, neutralismo, etc.

A complexidade das interacções tróficas e em particular da predação, ponto central neste estudo, é revelada ao nível de algumas questões chave para a compreensão (Brewer 1994):

- 1) a actividade é a base da transferência de energia numa comunidade;

- 2) existem diferentes técnicas de alimentação, nomeadamente de procura e captura das presas;
- 3) pode existir uma influência da interacção na dimensão da população do predador ou da presa (efeito numérico);
- 4) existe um efeito selectivo, ou evolutivo, da predação sobre a presa e da escassez de alimento sobre o predador.

Na relação predador-presa, existem alguns factores condicionantes que determinam a incorporação de uma determinada espécie na dieta de um predador (Brewer 1994), designadamente:

- 1) a abundância da espécie presa;
- 2) a disponibilidade da presa em termos de captura (comportamento, mecanismos de defesa, etc.);
- 3) e a preferência do predador (dependente sobretudo da relação *custo captura - benefício energético*).

A dieta óptima (*optimal foraging*) é considerado um ponto fulcral na evolução dos predadores, baseando-se numa função entre o benefício energético do consumo de uma determinada presa e o custo (em termos sobretudo de tempo e energia) da sua captura (Brewer 1994). No entanto, nalguns casos não é apenas a relação custo-benefício que determina a dieta, mas também uma série de outros factores, como sejam a alimentação de crias, a susceptibilidade à predação, etc (Brewer 1994).

O efeito da predação nas populações do predador e da presa é uma questão complexa na ecologia das comunidades (Ricklefs 1990, Brewer 1994).

O modelo predador-presa de Lotka-Volterra baseia-se nos princípios simples de que: um predador depende da população da presa, sendo o efeito expresso na taxa de natalidade da espécie predadora; e os efectivos da presa dependem da população do predador, que actua sobre a taxa de mortalidade. Em síntese, o predador é limitado pela presa e a presa é limitada pelo predador (Brewer 1994).

De facto, este modelo revela-se demasiado simples para explicar a complexidade inerente às relações entre predadores e presas, não avaliando a capacidade das presas de se refugiarem do predador, bem como a capacidade do predador de se alimentar de presas alternativas (Brewer 1994, Ricklefs 1990). Algumas críticas ao modelo de Lotka-Volterra apontaram sobretudo para o facto de que a resposta dos predadores à densidade das presas não ser na generalidade uma função linear, mas poder tomar formas variadas e complexas (Ricklefs 1990).

A predação intragilde, ou seja, a captura de um animal que explora recursos alimentares semelhantes, é um fenómeno particular da predação e parece ser mais restrita a indivíduos jovens e espécies de menor dimensão como presas; facto devido sobretudo ao risco e esforço inerente ao processo de morte de um outro predador equiparado (Polis *et al.* 1989).

No caso deste estudo, são particularmente interessantes todos os fenómenos inerentes à predação e ao papel dos predadores nas comunidades bióticas, uma vez que a espécie em causa é um predador do topo da cadeia trófica e uma espécie relativamente comum na região mediterrânica (Donazar & Kalinainen 1997, Martínez & Zuberogoitia 2003).

### **2.9.2. Ecologia trófica do Bufo-real**

Os hábitos alimentares do Bufo-real são um tema bastante estudado a nível europeu, existindo trabalhos publicados para a maioria dos países onde ocorre (ver revisões em Mikkola 1983, Penteriani 1996). Em Portugal, o conhecimento sobre a biologia do Bufo-real é ainda reduzido e sobretudo pouco divulgado, existindo no entanto alguns trabalhos pontuais (Tavares *et al.* 1989, Mira 1995) e poucos estudos mais aprofundados embora não publicados (Santos 1998, Lourenço 2000, Pinheiro 2003).

Nesta perspectiva, o presente estudo pretende suprimir esta lacuna do conhecimento da ecologia trófica do Bufo-real, tentando aprofundar a vertente no âmbito da biologia da conservação.

## **3. Objectivos**

Os recursos alimentares são um dos principais factores limitantes na reprodução das aves de rapina, a par com a disponibilidade de locais de nidificação (Newton 1979, Newton 1998), sendo por isso um tópico essencial na conservação de predadores.

Assim, os objectivos deste estudo consistem na análise da ecologia trófica do Bufo-real, através das seguintes abordagens encaradas numa perspectiva de biologia da conservação:

- 1) Estudo das estratégias alimentares do Bufo-real em ambientes mediterrânicos da Península Ibérica.
- 2) Estudo da dieta do Bufo-real no Sul de Portugal e análise das implicações conservacionistas.

#### 4. Área de estudo

Este estudo foi desenvolvido no Sul de Portugal, definido neste propósito como a porção do território continental a sul do rio Tejo. A área de estudo global compreende quatro áreas localizadas no Alentejo e Algarve e enquadradas nas bacias hidrográficas dos rios Tejo, Guadiana e Sado (Fig. 2). Estas quatro áreas apresentam alguma variação em termos biofísicos e paisagísticos, embora em todas predominem características mediterrânicas. A região no todo pertence à Província Luso-Extremadurense (Costa *et al.* 1998).

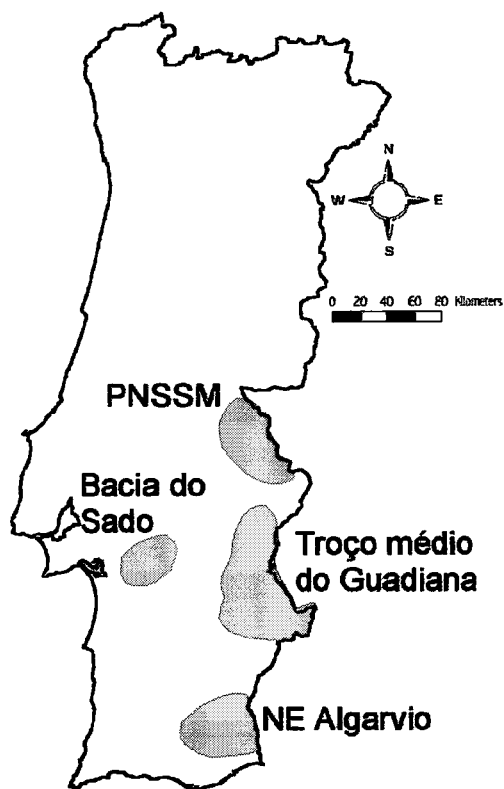


Figura 2. Localização das quatro regiões estudadas no Sul de Portugal.

##### Nordeste Alentejano (PNSSM)

Esta área corresponde em grande parte ao Parque Natural da Serra de São Mamede. Esta zona serrana varia em altitude entre os 300 e os 1027 m s.n.m. e os habitats dominantes são as florestas de carvalho-negral *Quercus pyrenaica*, sobreiro *Quercus suber* e azinheira *Quercus rotundifolia*, os matagais dominados por estevas e giestas, os soutos (*Castanea sativa*), pinhais (*Pinus pinaster*), olivais (*Olea europaea*) e culturas agrícolas de sequeiro.

### **Troço médio da Bacia do Guadiana**

Esta área localiza-se nos concelhos de Alandroal, Reguengos de Monsaraz, Mourão, Portel e Moura, onde os principais afluentes do Rio Guadiana são: Luceféce, Azevél, Cuncos, Alcarrache, Degebe, Ardila e Odearce. As planícies são dominantes, sendo cortadas pelos vales acentuados dos rios e ribeiras. Os habitats dominantes são os montados e bosques de azinho, os matagais esclerófitos, os olivais, as vinhas e as culturas agrícolas de sequeiro.

### **Sítio de Monfurado (Bacia do Sado)**

Esta área destaca-se da planície alentejana envolvente por um aumento da altitude até aos 400 m. A paisagem é dominada por montados de sobro e em menor grau por culturas agrícolas de sequeiro, vinhedos e matagais.

### **Nordeste Algarvio**

Esta área corresponde às bacias hidrográficas do Rio Vascão e Ribeira da Foupana, afluentes do Rio Guadiana. O relevo é ondulado, mas de características não muito bruscas, existindo poucos desníveis muito acentuados. Os habitats dominantes são os matagais esclerófitos, os montados de azinho e as culturas hortofrutícolas de sequeiro. Os bosques de sobro e as plantações de pinheiro-manso *Pinus pinea* estão presentes, embora assumam uma menor importância.



## **5. Os hábitos alimentares do Bufo-real na Península Ibérica**

**Artigo submetido a: Journal of Field Ornithology  
(Association of Field Ornithologists)**

# THE FOOD HABITS OF EAGLE OWLS IN THE IBERIAN PENINSULA

Rui F. Lourenço

Centro de Estudos da Avifauna Ibérica, CEAI, Apartado 535, 7002-506 Évora

**ABSTRACT:** Information on the diet of Eagle Owls inhabiting the Iberian Peninsula is mostly derived from studies in Spain, and until now no published data was available for Portugal. Diet was analyzed in 23 Eagle Owl territories in Southern Portugal and results were compared with data from Spanish studies using PCA. Diet in Southern Portugal was mainly based on Lagomorphs. Overall in the Iberian Peninsula three main diets were described: (1) lagomorphs-based; (2) rodents-based; (3) diversified diets with lagomorphs as main prey. There were no evident large scale diet variations due to high heterogeneity in Iberian Mediterranean landscapes. Differences in diet are mainly determined by territory characteristics. The results obtained point out the need to (1) recover rabbit populations; (2) apply habitat management measures to increase preys populations at the territory scale; and (3) analyze the influence of diet variations on the fitness of breeding pairs.

**KEYWORDS:** Bubo bubo, diet heterogeneity, Mediterranean habitats, Portugal, Spain

Knowledge on the food habits of a predator is an essential feature to its conservation, since diet influences survival (Hakkarainen et al. 2002), breeding performance (Viñuela and Veiga 1992; Arroyo 1998; Penteriani et al. 2002) and reveals possible conflicts with human activities (Thirgood et al. 2000). Moreover, the analysis of the diet of top predators may be particularly useful for species conservation when intraguild predation is acting (Sergio et al. 2003).

The Eagle Owl Bubo bubo is a large predator of Palearctic distribution and diet of European populations was largely studied in several countries (Penteriani 1996). However, the information on the diet of this species in the Iberian Peninsula concerns only Spanish regions (e.g. Hiraldo et al. 1975; Donazar 1989; Serrano 1998; Martínez and Zuberogoitia 2001), and no information is available for Portugal.

Lagomorphs, and more specifically rabbits Oryctolagus cuniculus, play an important ecological role in the food webs of western Mediterranean ecosystems (Delibes and Hiraldo 1981; Iborra et al. 1990). Eagle Owls are rabbit-specialized predators in the Iberian Peninsula (Hiraldo et al. 1976; Donazar et al. 1989) that, due to the abundance of this prey, attain here high population densities. In the last decades, myxomatosis and rabbit hemorrhagic disease were responsible for the impressive decline of rabbit populations in the Iberian Peninsula (Villafuerte et al. 1995). As a consequence, two rabbit-dependent species like the Spanish Imperial Eagle Aquila adalberti and the Iberian Lynx Lynx pardinus are nowadays in dramatic conservation situations (Ferrer and Negro 2004). Although large scale effects of rabbit diseases on Iberian Eagle Owl populations and their diet have never been evaluated, some authors have reported negative consequences associated with the reduction in availability of this prey (Martínez and Zuberogoitia 2001; Penteriani et al. 2002). Main objectives of the present study were: (1) the description of the Eagle Owl's diet in Southern Portugal; and (2) a comparison of food habits among different Iberian populations to assess the possible existence of diverse diet strategies in the Iberian Peninsula.

## METHODS

**Study area.** The study area is located in Alentejo and Algarve provinces (Southern Portugal), included in the Mesomediterranean and Thermomediterranean bioclimatic belts, characterized by a hot and dry Mediterranean climate (Rivas-Martínez et al. 2002). Landscape is dominated by plains or low hills with elevation ranging from sea-level to 1000 m a.s.l., and main habitats are agricultural fields (cereal steppes, olive groves, vineyards), Mediterranean scrublands, and Holm Oak (Quercus rotundifolia) and Cork Oak (Quercus suber) pastoral woodlands (montados). The area is currently suffering large scale changes in

the landscape, mainly due to large reservoirs, conversion of traditional agricultural fields into irrigated ones, and abandonment or afforestation of open fields.

**Territory survey.** Eagle Owl territories were searched from 1997 to 2004 by combining listening and playback sessions during the pre-laying period (November-February in the study area), following Penteriani et al. (2001) and Martínez et al. (2003). Moreover, from March to June, all suitable areas were visited to search for nests, roost sites, and feeding perches.

**Diet analysis.** Eagle Owl's diet was studied on a sample of 23 territories. 15 territories were visited twice (in different years), while the remaining eight were visited only once. To reduce disturbance, visits took place at the end of the breeding season only. During each visit, all feeding materials (i.e. recent and old pellets, prey remains, and accumulated bones) were collected. To reduce bias due to double-counting of a same prey, the minimum number of individuals was determined following recommendations of Simmons et al. (1991) and Marchesi et al. (2002a). Prey items were identified by comparison with both the collection of the Laboratory of Archaeozoology (IPA - Portuguese Institute of Archaeology), and identification tables of specific studies (Gama 1957; Madureira and Ramalhinho 1981; Moreno 1985, 1986, 1987; Callou 1997; Prenda et al. 1997). Data are presented as prey frequencies only (i.e. the number of items in a prey class divided by the sample size), because they best reflect foraging efforts (Rosenberg and Cooper 1990). Moreover, frequencies were also used because in the Iberian diet comparisons several studies did not reported biomass percentages.

**Spanish studies.** For comparisons with feeding habits of Portuguese owls, the inclusion of Spanish diet studies followed three main criteria. First, the diet description had to be separated by localities, each corresponding to a breeding pair. Secondly, sample size per locality had to be larger than 50 prey individuals. Finally, only those studies in which prey groups were well discriminated (i.e. species or genus) were included. So, the comparative analysis included five studies with a total of 68 localities (Hiraldo et al. 1975; Pérez 1980; Donazar 1989; Serrano 1998; Martínez and Zuberogoitia 2001), which allowed a good cover of the Spanish Mediterranean region.

**Statistical analyses.** Principal Components Analysis (PCA) was used to arrange localities in subsets, based on prey classes frequencies in the diet. In this analysis the components (axes) reveal the correlations among variables (prey classes) and each locality is then related with these components (Tabachnick and Fidell 2001). PCA was performed using 28 variables, consisting in the frequency of different prey classes in the Eagle Owl diet. Data in the cross-products matrix was centered by columns (variance/covariance), so that the variables could contribute to the analysis in proportion to their variances (Jongman et al.

1995). Scores for column variables were calculated by weighted averaging (McCune and Mefford 1999).

Spearman's rank correlation ( $r_s$ ; Zar 1999) was used to test for relationships between prey class frequencies and diet diversity (Shannon's index; Brower et al. 1990). All tests were two-tailed and significance level was defined at  $p \leq 0.05$ . All statistical analysis were computed using the software PC-ORD 4 (McCune and Mefford 1999) and SPSS 10.0 (SPSS Inc. 1999).

## RESULTS

**Diet in Southern Portugal.** The 23 territories yielded a total of 2666 prey individuals, belonging to 64 different species (Table 1). Lagomorphs (rabbit and Iberian hare Lepus granatensis) were the most frequent preys in the majority of localities, ranging from 27 to 67% (mean frequency = 47%). Among the other mammal species, the most frequent preys were rodents (mean frequency = 13%) and hedgehogs Erinaceus europaeus (mean frequency = 5%). Birds were present with frequencies ranging between 14 and 48% (mean frequency = 32%), from which passerines (mean frequency = 9%), pigeons and doves (mean frequency = 4%), owls (mean frequency = 3%), moorhen Gallinula chloropus (91% of the overall Gruiformes, mean frequency = 3%), and the red-legged partridge Alectoris rufa (99% of the overall Galliformes, mean frequency = 9%) were the most frequent preys.

**Diet in the Iberian Peninsula.** In the comparative analysis, the 91 Portuguese and Spanish localities corresponded to a total of 14251 preys. First and second axes in the PCA explained cumulatively 80.5% of the variance (axis 1: 51.1%; axis 2: 29.4%). Axis 1 showed a high correlation with the frequency of rodents (eigenvector = 0.739), rats Rattus spp. (eigenvector = 0.216) and mammals (eigenvector = 0.157) on the positive side, while the negative side was mainly correlated with the frequency of lagomorphs (eigenvector = -0.587) and birds (eigenvector = -0.166). Axis 2 was highly correlated with birds (eigenvector = 0.559) on the positive side, and on the negative side with mammals (eigenvector = -0.556) and lagomorphs (eigenvector = -0.512). Therefore, the four quadrants of the PCA plot (Fig. 1) corresponded to: (1) localities with diet based on lagomorphs and birds; (2) localities with diet based mainly on lagomorphs; (3) localities with diet based on rodents and complemented with birds; (4) localities with diet based on rodents and complemented with lagomorphs. Localities from Southern Portugal belonged almost entirely to the two quadrants on the left, that is, diets based only on lagomorphs and based on lagomorphs and birds. A locality in Salamanca (Spain) was clearly isolated on the top left quadrant, correlated with the frequency of birds. On the lower right, there was also an evident group mainly constituted by localities from north-eastern Spain, which was correlated with high frequency of rodents.

Diet diversity was negatively correlated with the frequency of mammals ( $r_s = -0.81$ ;  $P = 0.000$ ) and lagomorphs ( $r_s = -0.36$ ;  $P = 0.000$ ) and positively correlated with the frequency of insectivores ( $r_s = 0.70$ ;  $P = 0.000$ ), hares ( $r_s = 0.24$ ;  $P = 0.020$ ) and birds ( $r_s = 0.64$ ;  $P = 0.000$ ).

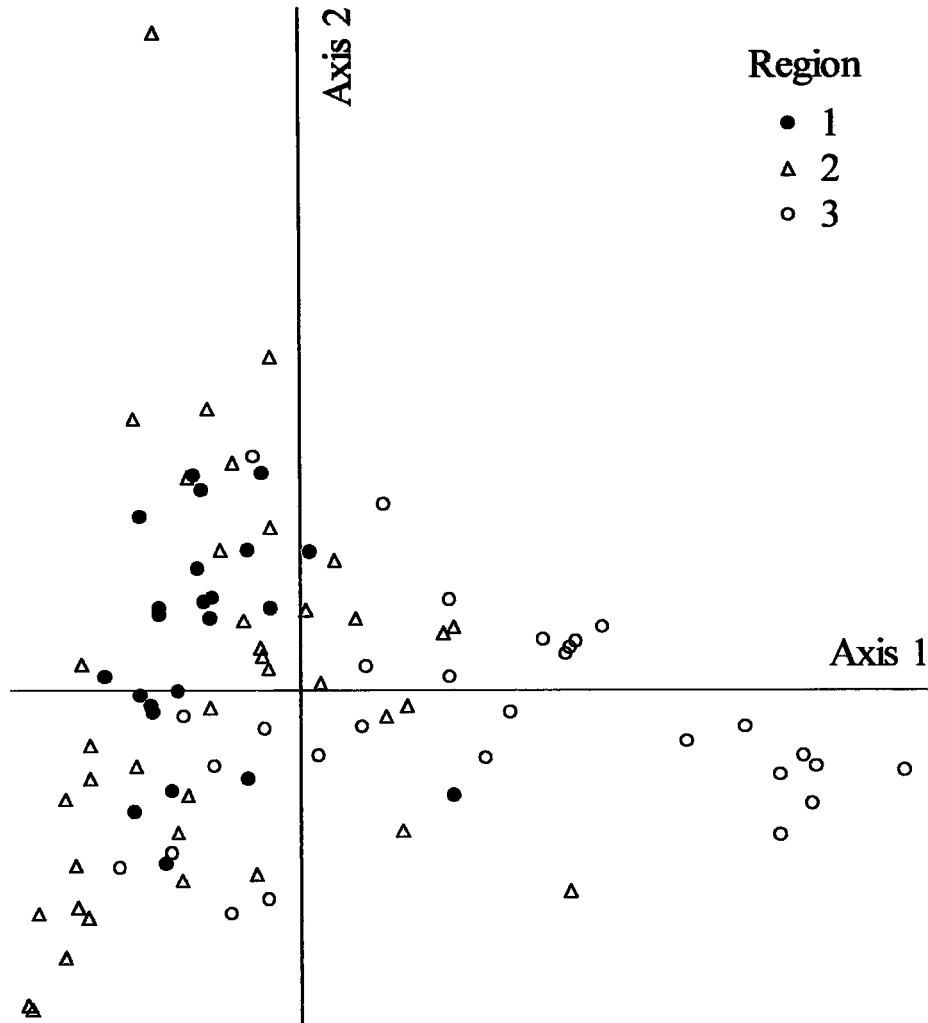


Figure 1. PCA scatter plot of 91 localities with Eagle Owl breeding pairs in the Iberian Peninsula, compared using the frequency of 28 prey classes. Regions: 1) southern Portugal; 2) south-central Spain; 3) north-eastern Spain.

## DISCUSSION

The Eagle Owl is considered a generalist top-predator which specializes in the most advantageous food and therefore being able to occupy several biomes (Donázar et al. 1989). In Southern Portugal, as in other Mediterranean habitats, lagomorphs are the key preys of this owl, once rabbits are a very profitable prey due to their abundance and size. In the Portuguese region however, Iberian hares also have an important contribution, showing a

higher mean frequency (9%) than most Spanish studies (e.g. Hiraldo et al. 1975; Donazar 1989; Serrano 1998; Martínez and Zuberogoitia 2001). On the other hand, some breeding pairs have more diversified diets, which include small mammals and birds, as a probable response to lower availability of lagomorphs, typical of a generalist predator.

Overall, in the Iberian Peninsula, three main diets can be considered, depending mostly of the availability of rabbits: (1) low diversified diets based almost exclusively on lagomorphs; (2) diets base on rodents but also including lagomorphs and birds; and (3) diversified diets in which lagomorphs are the main preys but birds, and sometimes small mammals, have high frequencies also.

Iberian localities with lagomorphs-based diets were found mainly in areas with high to very high abundance of rabbits (Villafuerte et al. 1998; Mathias 1999). According to Marchesi et al. (2002b), focusing on an optimal prey is the best foraging strategy and is related to higher breeding success in Eagle Owls. Higher proportion of rabbits in the diet of Black Kites (*Milvus migrans*) is also related to higher reproductive success (Viñuela and Veiga 1992) and in this case, Iberian Eagle Owls pairs specialized on capturing lagomorphs may also have a better breeding performance.

On the other hand, localities with rodents-based diets were found mainly in the north-eastern Iberian Peninsula, in areas with low rabbit abundance (Villafuerte et al. 1998; but see Donazar 1989; Serrano 1998). In a situation of rabbit scarcity, Eagle Owls were able to capture rats as main alternative preys. Nevertheless, the existence of effects on breeding performance has not been assessed, and these localities may correspond to lower quality territories.

In their turn, one would expect diversified diets to be associated with medium to low rabbit abundance, as highlighted by Penteriani et al. (2002) for Mediterranean France. Localities with diversified diets were widespread in the Iberian Peninsula, and according to Villafuerte et al. (1998) some were located in areas with high rabbit abundance. The heterogeneity inherent to Mediterranean landscapes is responsible for intrapopulation variations (see Penteriani et al. 2002, 2004), and is probably behind the fact that in areas with high rabbit abundance, both diversified and lagomorphs-based diets were found. Above all this is a matter of scale, once in areas of high rabbit abundance, smaller patches may have lower abundance and though a lower frequency of lagomorphs which leads to diversified diets.

Overall, variations in the diet of Eagle Owls in the Iberian Peninsula seem mainly dependent on the characteristics of territories. Differences between study areas have comparatively lower importance due to landscape heterogeneity. When available, lagomorphs are the main preys, however Eagle Owls are able to diversify their diet or even shift to rodents-based diets, when rabbits are scarce in their territory. This dietary plasticity, associated with relative eclecticism in the choice of nesting site could represent favorable life-history traits helping

Eagle Owl's to survive in the Iberian Peninsula better than other large avian predators as the Bonelli's Eagle Hieraaetus fasciatus or the Spanish Imperial Eagle. Nevertheless, a piece in the puzzle is still missing, that is, the consequences of each feeding strategy in terms of fitness.

**Conservation implications.** Rabbit populations have been suffering large decreases, associated with diseases (Viñuela and Villafuerte 2003), as well as inadequate hunting efforts and habitat management (Moreno and Villafuerte 1995; Calvete et al. 2005), that can have several negative consequences on Eagle Owl populations (e.g. Martínez and Zuberogoitia 2001; Martínez and Calvo 2001). Since rabbits are the staple prey of this predator, the recovery of the populations of this lagomorph is essential to Iberian owls. Conservation measures based on habitat management as a way to increase prey availability (e.g. Moreno & Villafuerte 1995; Ontiveros et al. 2005) should be, in the case of the Eagle Owl, based first on the territory scale.

Finally, it is necessary to assess how territory characteristics influence diet in Iberian Mediterranean ecosystems and which are the consequences in terms of survival and breeding performance. These results can help in identifying high quality areas for Eagle Owls and primary for conservation.

#### ACKNOWLEDGMENTS

I'm thankful to V. Penteriani, J.E. Rabaça, A. Mira, and M.M. Delgado for useful comments and suggestions on this paper. M. Álvaro, M. Basto, S. Chollet, C. Franco, M. Pais, I. Prego and J.P. Silva gave helpful field assistance. S. Santos gave fundamental help in most parts of this study.

#### LITERATURE CITED

- Arroyo, B.E. 1998. Effect of diet on the reproductive success of Montagu's Harrier Circus pygargus. Ibis 140: 690-693.
- Brower, J.E., J.H. Zar, and C.N. Ende. 1990. Field and laboratory methods for general ecology. 3rd edition. Wm.C. Brown Publishers, Dubuque.
- Callou, C. 1997. Diagnose différentielle des principaux éléments squelettiques du lapin (Genre Oryctolagus) et du lièvre (Genre Lepus) en Europe Occidentale. Centre de Recherches Archéologiques CNRS, Valbonne-Sophia Antipolis.
- Calvete, C., E. Angulo, and R. Estrada. 2005. Conservation of European wild rabbit populations when hunting is age and sex selective. Biological Conservation 121: 623-634.
- Delibes, M., and F. Hiraldo. 1981. The rabbit as prey in the Iberian Mediterranean ecosystem. In: Proceedings of the World Lagomorph Conference (K. Myers and C. D. MacInnes, eds.), pp. 614-622. Guelph.



- Donázar, J. A. 1989. Variaciones geográficas y estacionales en la alimentación del Búho Real Bubo bubo en Navarra. *Ardeola* 36: 25-39.
- Donázar, J. A., F. Hiraldo, M. Delibes, and R. R. Estrella. 1989. Comparative food habits of the Eagle Owl Bubo bubo and the Great Horned Owl Bubo virginianus in six Palearctic and Nearctic biomes. *Ornis Scandinavica* 20: 298-306.
- Ferrer, M., and J. J. Negro. 2004. The near extinction of two large european predators: super specialists pay a price. *Conservation Biology* 18: 344-349.
- Gama, M. M. 1957. Mamíferos de Portugal: chaves para a sua determinação. Museu Zoológico da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Hakkarainen, H., E. Korpimäki, V. Koivunen, and R. Ydenberg. 2002 Survival of male Tengmalm's owls under temporally varying food conditions. *Oecologia* 131: 83-88.
- Hiraldo, F., J. Andrada, and F. F. Parreño. 1975. Diet of the Eagle Owl (Bubo bubo) in Mediterranean Spain. *Doñana, Acta Vertebrata* 2: 161-177.
- Hiraldo, F., F. F. Parreño, V. Andrada, and F. Amores. 1976. Variations in the food habits of the european Eagle Owl (Bubo bubo). *Doñana, Acta Vertebrata* 3: 137-156.
- Iborra, O., C. P. Arthur, and P. Bayle. 1990. Importance trophique du lapin du garenne pour les grands rapaces provençaux. *Vie Milieu* 40: 177-188.
- Jongman, R. H. G., C. J. F. Ter Braak, and O. F. R. Van Tongeren. 1995. Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Madureira, M. L., and M. G. Ramalhinho. 1981. Notas sobre a distribuição, diagnose e ecologia do Insectivora e Rodentia portuguesas. *Arquivos do Museu Bocage* 1: 165-263.
- Marchesi, L., P. Pedrini, and F. Sergio. 2002a. Biases associated with diet study methods in the Eurasian Eagle-Owl. *Journal of Raptor Research* 36: 11-16.
- Marchesi, L., F. Sergio, and P. Pedrini. 2002b. Costs and benefits of breeding in human-altered landscapes for the Eagle Owl Bubo bubo. *Ibis* 144: E164-E177.
- Martínez, J. A., and I. Zuberogoitia. 2001. The response of the Eagle Owl (Bubo bubo) to an outbreak of the rabbit haemorrhagic disease. *Journal für Ornithologie* 142: 204-211.
- Martínez, J. A., D. Serrano, and I. Zuberogoitia. 2003. Predictive models of habitat preferences for the Eurasian eagle owl Bubo bubo: a multiscale approach. *Ecography* 26: 21-28.
- Martínez, J. E., and J.F. Calvo. 2001. Diet and breeding success of Eagle Owl in Southeastern Spain: effect of rabbit haemorrhagic disease. *Journal of Raptor Research* 35: 259-262.
- Mathias, M. L. 1999. Mamíferos terrestres de Portugal Continental, Açores e Madeira. Instituto da Conservação da Natureza, Lisboa.
- McCune, B., and M.J. Mefford. 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 4. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon.

- Moreno, E. 1985. Clave osteológica para la identificación de los Passeriformes ibéricos I. Aegithalidae, Remizidae, Paridae, Emberizidae, Passeridae, Fringillidae, Alaudidae. *Ardeola* 32: 295-377.
- Moreno, E. 1986. Clave osteológica para la identificación de los Passeriformes ibéricos II. Hirundinidae, Prunellidae, Sittidae, Certhiidae, Troglodytidae, Cinclidae, Laniidae, Oriolidae, Corvidae, Sturnidae, Motacillidae. *Ardeola* 33: 69-129.
- Moreno, E. 1987. Clave osteológica para la identificación de los Passeriformes ibéricos III. Muscicapidae. *Ardeola* 34: 243-273.
- Moreno, S., and R. Villafuerte. 1995. Traditional management of scrubland for the conservation of rabbits Oryctolagus cuniculus and their predators in Doñana National Park, Spain. *Biological Conservation* 73: 81-85.
- Ontiveros, D., J. M. Pleguezuelos, and J. Caro. 2005. Prey density, prey detectability and food habits: the case of Bonelli's eagle and the conservation measures. *Biological Conservation* 123: 19-25.
- Penteriani, V. 1996. The eagle owl. Calderini Edagricole, Bologna.
- Penteriani, V., M. Gallardo, and P. Roche. 2002. Landscape structure and food supply affect eagle owl (Bubo bubo) density and breeding performance: a case of intra-population heterogeneity. *Journal of Zoology, London* 257: 365-372.
- Penteriani, V., M. Gallardo, P. Roche, and H. Cazassus. 2001. Effects of landscape spatial structure and composition on the settlement of the Eagle Owl Bubo bubo in a Mediterranean habitat. *Ardea* 89: 331-340.
- Penteriani, V., M. M. Delgado, M. Gallardo, and M. Ferrer. 2004. Spatial heterogeneity and structure of bird populations: a case example with the eagle owl. *Population Ecology* 46: 185-192.
- Pérez, V. 1980. Alimentación del Búho Real (Bubo bubo L.) en España Central. *Ardeola* 25: 93-112.
- Prenda, J., D. Freitas, M. Santos-Reis, and M. J. Collares-Pereira. 1997. Guía para la identificación de restos óseos pertenecientes a algunos peces comunes en las aguas continentales de la Península Ibérica para el estudio de la dieta de depredadores ictiófagos. Doñana, *Acta Vertebrata* 24: 155-180
- Rivas-Martínez, S., T. E. Díaz, F. Fernández-González, J. Izco, J. Loidi, M. Lousã, and A. Penas. 2002. Vascular plant communities of Spain and Portugal. *Itinera Geobotanica* 15: 5-432.
- Rosenberg, K. V., and R. J. Cooper. 1990. Approaches to avian diet analysis. *Studies in Avian Biology* 13: 80-90.
- Sergio, F., L. Marchesi, and P. Pedrini. 2003. Spatial refugia and the coexistence of a diurnal raptor with its intraguild owl predator. *Journal of Animal Ecology* 72: 232-245.

- Serrano, D. 1998. Diferencias interhabitat en la alimentación del Búho Real (Bubo bubo) en el Valle Medio del Ebro (NE de España): efecto de la disponibilidad de conejo (Oryctolagus cuniculus). *Ardeola* 45: 35-46.
- Simmons, R. E., D. M. Avery, and G. Avery. 1991. Biases in diets determined from pellets and remains: correction factors for a mammal and bird-eating raptor. *Journal of Raptor Research* 25: 63-67.
- SPSS Inc. 1999. SPSS Base 10.0 for Windows User's Guide. SPSS Incorporated, Chigago.
- Tabachnick, B. G., and L. S. Fidell. 2001. Using multivariate statistics. 4th edition. Allyn and Bacon, Needham Heights.
- Thirgood, S., S. Redpath. 2000. Raptors and Red Grouse: conservation conflicts and management solutions. *Conservation Biology* 14: 95-104.
- Villafuerte, R., C. Calvete, J. C. Blanco, and J. Lucientes. 1995. Incidence of viral haemorrhagic disease in wild rabbit populations in Spain. *Mammalia* 59: 651-659.
- Villafuerte, R., J. Viñuela, and J. C. Blanco. 1998. Extensive predator persecution caused by population crash in a game species: the case of red kites and rabbits in Spain. *Biological Conservation* 84: 181-188.
- Viñuela, J., and J. P. Veiga. 1992. Importance of rabbits in the diet and reproductive success of Black Kites in southwestern Spain. *Ornis Scandinavica* 23: 132-138.
- Viñuela, J., and R. Villafuerte. 2003. Predators and Rabbits (Oryctolagus cuniculus) in Spain: a key conflict for european raptor conservation. In: *Birds of prey in a changing environment* (D. B. M. Thompson, S. Redpath, A. Fielding, M. Marquiss and C. A. Galbraith, eds.), pp. 511-526. The Stationery Office, London..
- Zar, J. H. 1999. Biostatistical Analysis. 4th edition. Prentice Hall, New Jersey.

Table 1. Preys frequency in Eagle Owl localities (Southern Portugal).

LOCALITY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MAMMALS	56.9	67.7	52.3	51.6	52.2	63.6	48.7	60.7	57.4	51.8	77.9	81.6
Insectivora	10.9	5.6	10.8	6.9	11.9	6.8	-	2.7	5.4	6.6	1.2	1.4
Carnivora	-	-	1.5	-	-	-	1.3	-	-	-	-	-
Rodentia	12.4	6.5	7.7	2.7	13.4	12.9	18.4	8.9	10.9	9.0	10.5	12.9
<u>Arvicola sapidus</u>	0.7	-	-	1.6	-	9.8	3.9	5.4	6.2	4.8	7.0	7.5
<u>Rattus</u> spp.	8.0	4.0	-	0.5	10.5	1.5	14.5	2.7	2.3	3.6	-	4.8
Lagomorpha	33.6	55.6	32.3	42.0	26.9	43.9	28.9	49.1	41.1	36.1	66.3	67.3
<u>Lepus granatensis</u>	5.1	9.7	7.7	5.9	14.9	5.3	1.3	14.3	8.5	6.6	3.5	1.4
<u>Oryctolagus cuniculus</u>	14.6	14.5	9.2	12.2	11.9	19.7	18.4	4.5	23.3	12.0	22.1	38.8
Leporidae n.i. (juveniles)	13.9	31.5	15.4	23.9	-	18.9	9.2	30.4	9.3	17.5	40.7	27.2
BIRDS	38.0	30.6	46.2	44.1	47.8	35.6	28.9	36.6	39.5	44.6	22.1	15.0
Podicipediformes	0.7	-	-	1.6	9.0	1.5	7.9	-	-	-	-	-
Ciconiiformes	0.7	0.8	-	-	1.5	0.8	1.3	-	0.8	0.6	-	-
Anseriformes	0.7	-	1.5	1.1	-	0.8	-	0.9	-	1.2	-	-
Accipitriformes	-	0.8	-	-	-	-	-	-	1.6	-	-	-
Galliformes	2.9	8.1	1.5	2.7	9.0	3.0	2.6	8.0	3.9	5.4	10.5	5.4
Gruiformes	2.9	1.6	9.2	6.9	6.0	10.6	1.3	5.4	10.1	1.2	3.5	1.4
Charadriiformes	0.7	2.4	3.1	2.1	1.5	0.8	1.3	2.7	0.8	1.2	-	0.7
Columbiformes	13.9	8.9	18.5	13.8	9.0	2.3	1.3	5.4	9.3	5.4	1.2	2.7
Strigiformes	9.5	3.2	7.7	6.4	9.0	6.8	3.9	2.7	6.2	1.2	1.2	-
Coraciiformes	-	-	-	-	-	-	1.3	-	-	-	-	-
Piciformes	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Passeriformes	4.4	4.8	3.1	9.6	3.0	9.1	7.9	11.6	7.0	27.1	5.8	4.8
REPTILES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AMPHIBIANS	0.7	0.8	-	1.1	-	-	1.3	2.7	1.6	3.0	-	3.4
FISHES	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INVERTEBRATES	4.4	-	1.5	3.2	-	0.8	21.1	-	1.6	0.6	-	-
SAMPLE SIZE	137	124	65	188	67	132	76	112	129	166	86	147

Table 1. Continued.

LOCALITY	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
MAMMALS	62.4	62.5	65.3	73.5	70.6	68.1	62.6	86.0	61.5	77.2	65.4
Insectivora	2.2	6.3	2.4	1.4	2.4	5.0	5.0	7.5	8.8	3.5	1.9
Carnivora	-	-	-	-	1.2	-	-	-	-	-	-
Rodentia	14.6	12.5	8.1	12.9	10.6	10.9	20.1	43.0	6.6	21.1	5.8
<u>Arvicola sapidus</u>	5.3	3.1	2.4	7.5	7.1	1.7	15.1	28.0	3.3	14.0	1.9
<u>Rattus</u> spp.	7.0	4.7	3.2	1.4	1.2	1.7	2.3	6.5	2.2	3.5	-
Lagomorpha	45.6	43.8	54.8	59.2	56.5	52.1	37.4	35.5	46.2	52.6	57.7
<u>Lepus granatensis</u>	6.6	9.4	13.7	17.7	11.8	9.2	11.7	3.2	12.1	12.3	21.2
<u>Oryctolagus cuniculus</u>	11.9	25.0	27.4	13.6	21.2	17.6	11.7	8.6	20.9	10.5	9.6
Leporidae n.i. (juveniles)	27.0	9.4	13.7	27.9	23.5	25.2	14.0	23.7	13.2	29.8	26.9
BIRDS	35.8	37.5	25.0	18.4	29.4	26.9	31.3	14.0	36.3	19.3	34.6
Podicipediformes	0.4	1.6	-	-	-	-	-	-	2.2	-	-
Ciconiiformes	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-
Anseriformes	-	4.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Accipitriformes	-	-	-	-	-	-	-	-	1.1	-	-
Galliformes	6.2	7.8	15.3	12.2	18.8	7.6	9.5	7.5	2.2	12.3	21.2
Gruiformes	0.9	4.7	0.8	0.7	-	4.2	1.7	-	2.2	-	-
Charadriiformes	-	3.1	-	0.7	-	-	1.7	-	-	-	-
Columbiformes	1.3	-	1.6	2.0	-	1.7	3.9	1.1	1.1	-	3.8
Strigiformes	2.2	-	-	-	-	0.8	0.6	-	4.4	-	3.8
Coraciiformes	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piciformes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Passeriformes	24.3	12.5	7.3	2.7	10.6	12.6	13.4	5.4	8.8	7.0	5.8
REPTILES	-	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-
AMPHIBIANS	1.8	-	3.2	2.7	-	2.5	1.1	-	1.1	1.8	-
FISHES	-	-	4.8	0.7	-	-	4.5	-	-	1.8	-
INVERTEBRATES	-	-	0.8	4.8	-	2.5	0.6	-	1.1	-	-
SAMPLE SIZE	226	64	124	147	85	119	179	93	91	57	52

## **6. Implicações conservacionistas dos hábitos alimentares do Bufo-real no Sul de Portugal**

Artigo submetido a: AIRO  
(Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves)

# **CONSERVATION IMPLICATIONS OF THE FOOD HABITS OF EAGLE OWLS IN SOUTHERN PORTUGAL**

**Rui F. Lourenço\* & Sara M. Santos\*\***

\*Centro de Estudos da Avifauna Ibérica, CEAI, Apartado 535, 7002-506 Évora

\*\*Centro de Biologia Ambiental, Departamento de Biologia Animal, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa.

## **SUMMARY**

The food habits of Eagle Owls were studied in 37 territories in Southern Portugal. Lagomorphs are the basic preys and rabbits assume special importance. The decline of rabbit and hare populations represent a threat factor for many raptors, including Eagle Owls, so urges the application of conservation measures to recover lagomorphs populations. Due to conflicts between game managers and predators, it is essential to study the impact of predation on small game species and define measures for reconciling game-hunting and conservation. Eagle Owls have an important role in Mediterranean food webs, because they are intraguild predators and can control meso-predators and opportunist species, being a key species in top-down regulation. Some individuals feed regularly on pigeons being possibly exposed to diseases, as trichomoniasis, and persecution by pigeon fanciers.

## **IMPLICAÇÕES CONSERVACIONISTAS DOS HÁBITOS ALIMENTARES DO BUFO-REAL NO SUL DE PORTUGAL**

Este estudo baseou-se na análise dos hábitos alimentares em 37 territórios de Bufo-real no Sul de Portugal. Os lagomorfos constituem as presas básicas, destacando-se sobretudo a importância do coelho-bravo. Os declínios registados nas populações de coelho e lebre representam um factor de ameaça para diversas aves de rapina, incluindo o Bufo-real, pelo que é essencial a aplicação de medidas de conservação para recuperar as populações de lagomorfos. Devido à existência de conflitos entre a actividade cinegética e os predadores, é fundamental estudar o impacto da predação em espécies cinegéticas de modo a definir medidas de reconciliação entre a caça e a conservação. O Bufo-real desempenha um papel importante nas cadeias tróficas em ambientes mediterrânicos, dado tratar-se de um predador intra-guilde e poder controlar espécies oportunistas e meso-predadores, sendo uma espécie-chave na regulação dos sistemas. Alguns indivíduos alimentam-se regularmente de pombos estando sujeitos a doenças, como a tricomoniase, e a perseguição por criadores de pombos.

## INTRODUCTION

Predation are central issue in applied ecology, due to the role of this interaction as a driving force in ecosystems (Ormerod 2002). For conservation biology, top carnivores are often keystone species in the ecosystems (Meffe & Carrol 1997), and therefore large raptors may have fundamental ecological functions, namely top-down population regulation (Newton 1998).

The Eagle Owl *Bubo bubo* is the most common avian top predator in Southern Portugal, but also in Spain (see Martí & Del Moral 2003). This species is the largest owl in the world, and occurs in most of the countries of the Western Palearctic (Cramp 1985, Donazar & Kalinainen 1997). After strong population declines in the last century (Mikkola 1983), the present situation in Europe seems more favourable (BirdLife International 2004), with Spain as one of the strongholds (Martínez & Zuberogoitia 2003). In Portugal, however, the Eagle Owl is considered a vulnerable species (ICN *in press*). Understanding the food habits of this species can contribute not only for its conservation, but also to improve the knowledge on the most important prey species.

The main goal of this paper is to describe Eagle Owl's diet and analyse its implications on conservation biology in Portuguese Mediterranean ecosystems.

## STUDY AREAS

The three study areas are located in Southern Portugal, in the provinces of Alentejo and Algarve. These areas are included in the Luso-Extremadurensis biogeographic province (Costa *et al.* 1998), which is part of the Mesomediterranean and Thermomediterranean bioclimatic belts, characterized by a hot and dry Mediterranean climate (Rivas-Martínez *et al.* 2002).

The northernmost area is located in the district of Portalegre, being included in the Serra de São Mamede Natural Park (hereafter PNSSM). This mountainous area ranges in elevation from 250 to 1027 m a.s.l. and most common habitats surrounding Eagle Owl nests are Cork Oak *Quercus suber* and Holm Oak *Quercus rotundifolia* woodlands (montados), scrublands, agricultural fields, orchards, olive groves and *Eucalyptus* spp. plantations.

The limits of the Central Alentejo area (hereafter C-Alent) are somewhat defined by the localities of Alandroal, Montemor-o-Novo and Moura. This area is dominated by plains, existing a few mountains (Ossa, Monfurado and Portel) and pronounced river valleys. Elevations range from 100 to 650 m a.s.l., and main habitats around nests are agricultural fields, scrublands and Holm Oak woodlands.



The third area is located in the north-eastern part of Algarve (hereafter NE-Alg). This is a rugged area of low hills, ranging from 0 to 577 m a.s.l., and dominant habitats around nests are scrublands, agricultural fields, orchards and Holm Oak and Cork Oak woodlands.

The majority of the nests were close to or within game hunting estates. Around 60% of the breeding pairs were included in areas with some sort of legal protection (Natural Park, Special Protection Area, Natura 2000 Network sites).

## METHODS

Field work was conducted from 1997 to 2004 and Eagle Owl territories were located using a combination of two methods, commonly used in such surveys (e.g. Penteriani *et al.* 2001, Marchesi *et al.* 2002b, Martínez *et al.* 2003, Sergio *et al.* 2004). (1) From November to February, when adults are more vocally active (Penteriani 2002), we used listening sessions consisting in a passive auditory interval, followed by the broadcast of conspecific vocalizations (Martínez & Zuberogoitia 2002). Sessions started half an hour before sunset and never exceeded the following four hours, a period of high vocal activity (Mikkola 1983). (2) From March to June, all suitable areas were visited to search for nests, roost sites and feeding perches.

To assess the diet of Eagle Owls we examined 37 territories, 8 in PNSSM, 17 in C-Alent and 12 in NE-Alg. Whenever possible, territories were visited twice, in different years. In every visit, all feeding material (recent and old pellets, prey remains, accumulated bones) was thoroughly searched in nests, roosting places and feeding perches. Visits took place from April to September in order to reduce disturbance. The samples corresponded to all year round food of both adults and nestlings. To reduce bias, pellets and prey remains in each territory, were pooled into a single sample, where the minimum number of individuals was determined, following the recommendations of Simmons *et al.* (1991) and Marchesi *et al.* (2002a).

Prey items were identified to the species level whenever possible, using for comparisons the reference collection from the Laboratory of Archaeozoology (Portuguese Institute of Archaeology - IPA), and studies (Gama 1957, Madureira & Ramalhinho 1981, Moreno 1985, 1986, 1987, Callou 1997, Prenda *et al.* 1997).

Results are presented as frequency in the diet (F%), which corresponds to the number of individuals of a specific prey divided by the total territory sample size, multiplied by 100 to obtain a percentage (see Rosenberg & Cooper 1990). Frequencies for the three areas were determined by calculating the mean values in all representative territories (with more than 40 individuals). To evaluate the contribution in terms of biomass (B%), the weight of individuals of a prey species or class was divided by the weight of all captured individuals in a sample,

multiplied by 100 to obtain a percentage. Mean biomass contribution values for each area were determined as for prey frequencies. In prey species with significant size variations, biomass was estimated using published equations involving weight and specific bone measurements: Rabbit *Oryctolagus cuniculus* (Donazar & Ceballos 1989); Rats *Rattus* spp. (Morris 1979), not identified Passeriformes (Morris & Burgis 1988), Barbels *Barbus* spp. (D. Freitas unpublished data, L.F.M. Correia unpublished data), Iberian Hare *Lepus granatensis* (Batista & Mexia 1996, T. Batista unpublished data, R.F. Lourenço unpublished data). In the remaining species, a mean weight was assigned based on authoritative bibliographic sources (Cramp *et al.* 1977-94, MacDonald & Barrett 1993) and measurement of individuals in the field.

Spearman's rank correlation (Zar 1999) was used to test for relationships between frequencies of some prey classes. All tests were two-tailed and significance level was defined at  $p \leq 0,05$ . Shannon's diversity index ( $H'$ ) was calculated for prey frequencies in each area following Brower *et al.* (1990).

## RESULTS

In the three areas, a total of 2967 individuals were identified as preys of the Eagle Owl, being separated in significant sample sizes for each area (PNSSM  $n = 603$ ; C-Alent  $n = 1359$ ; NE-Alg  $n = 1005$ ). At least 64 different species were preyed in Southern Portugal, belonging to 24 Orders, mostly of vertebrates ( $n = 20$ ). Average Shannon's Diversity Index was 0.849 in PNSSM, 0.820 in C-Alent and 0.707 in NE-Alg.

Mammals were more frequently preyed upon than any other Class, being dominant over birds and invertebrates (Table 1). Although commonly included in the diet, birds contribute to the biomass less than one third. The remaining Classes have a very low significance as prey for the Eagle Owl. Within mammals, the highest contribution was that of lagomorphs (Iberian Hare and Rabbit), being clearly the basic preys in Southern Portugal. Although never reaching dominance in any territory, Hedgehogs *Erinaceus europaeus*, rodents (mainly Rats and Southern Water Vole *Arvicola sapidus*), Red-legged Partridges *Alectoris rufa*, Moorhens *Gallinula chloropus*, Domestic pigeons *Columba livia* var. *domestica* and Owls (Strigiformes) showed relevant biomass contributions.

## DISCUSSION

The Eagle Owl is a well-known eclectic predator (Mikkola 1983, Cramp 1985), as also showed by the sample of 64 prey species (mainly birds) that were identified in southern Portugal. Similar values of species richness were found in diet studies in the Western Mediterranean that have approximate sample sizes, such as, Hiraldo *et al.* (1975; 77

species), Orsini (1985; 80 species), Donázar (1989; 53 species), Bayle (1996; 107 species) and Serrano (1998; 58 species).

The spectrum of preys found in Southern Portugal ranged from small invertebrates (less than 5 g) to the Iberian Hare (up to 2500 g). Nevertheless, as predicted by the optimal foraging theory (see Brewer 1994), these prey represent a clearly different energetic contribution to the Eagle Owl (a 1.5-2 kg predator), so that the capturing effort should be different as well. The frequency of a prey in the diet can better reflect the foraging effort when compared with the biomass percentage, which in turn is a good expression of energy input of a prey to its predator (Rosenberg & Cooper 1990).

Lagomorphs, and specially rabbits, were the most frequently captured preys and those with higher energetic contribution. Similar results have also been reported for several areas in Spain (e.g. Hiraldo *et al.* 1975, Perez 1980, Martínez *et al.* 1992), reason why rabbits are considered the optimal prey of Eagle Owls in the Iberian Peninsula (Herrera & Hiraldo 1976, Hiraldo *et al.* 1976, Donázar *et al.* 1989). Moreover, according to Delibes & Hiraldo (1981) the rabbit is an important prey for many of the Iberian top predators, such as the Spanish Imperial Eagle *Aquila adalberti* (Ferrer 2001), the Golden Eagle *Aquila chrysaetos* (Delibes *et al.* 1975), or the Bonelli's Eagle *Hieraetus fasciatus* (Ontiveros & Pleguezuelos 2000). Nevertheless, the biomass contribution of Iberian hares (between 15% and 30% in average) to Eagle Owls diet is undoubtedly important, and sometimes higher than rabbits, even though, there is a difficulty inherent to the identification of juveniles from both species, due to bone fracture and digestion which does not permit precise identification. So, it is preferable to address the importance to both lagomorphs, than risk to underestimate the role of Iberian hares in favour of rabbits. It is interesting to notice that, in the majority of diet studies in Spain, Iberian hares showed a lower frequency and biomass contribution.

The remaining species which are frequently captured also have a significant weight, normally above 150 g, being either mammals (hedgehog, rats, southern water vole) or birds (red-legged partridge, moorhen, pigeons, owls). Despite their frequency, these preys never reach biomass contributions equivalent to lagomorphs, so they can't be considered as serious dietary alternatives. Outside the Western Mediterranean, however, Eagle Owls have adapted to feeding mainly on rodents and birds (e.g. Janossy & Schmidt 1970, Willgoos 1974, Marchesi *et al.* 2002b), the same occurring in Western Mediterranean urban areas, where rats are the main prey (e.g. Pérez 1980, Rathberger & Bayle 1997), due to their high availability in rubbish-dumps.

As a conclusion, in natural environments of Southern Portugal, the Eagle Owl seems to be dependent on the availability of rabbits and hares. There is, however, the possibility that in

areas with low or null availability of lagomorphs, Eagle Owls may prey on alternative species, provided that these can have a compensatory relation between availability and energy yield.

### **Effects of declines in rabbit and hare populations**

In the last decades, rabbits have registered significant population decreases in the Iberian Peninsula, mostly as a result of myxomatosis and viral haemorrhagic disease - VHD (Villafuerte *et al.* 1995, Viñuela & Villafuerte 2003). However, also agriculture intensification, inadequate habitat management and excessive hunting pressure have also contributed to reduce rabbit densities (Moreno & Villafuerte 1995, Palma *et al.* 1999, Villafuerte 2002, Calvete *et al.* 2005), with similar effects in the Iberian hare (Carro & Soriguer 2002).

In general, food-shortage is known to induce low breeding success and often reduce survival and density in birds (Newton 1998). In the case of the Eagle Owl-rabbit interaction, Martínez & Zuberogoitia (2001) and Martínez & Calvo (2001) pointed out that rabbit population crashes due to VHD were responsible for a decrease in density and breeding success of the owls, although no significant dietary changes were registered. Golden Eagles in Navarra reacted to a rabbit population decline due to VHD, with a lower inclusion of this prey in the diet but a consequent decrease in breeding success (Fernández 1993).

Rabbit and Iberian hare populations in the study areas show densities considered medium for Portugal (Mathias 1999, Pais *et al.* 2003). Therefore, we were not able to evaluate the influence of low availability of lagomorphs on the owl's diet. As a consequence, main biomass contribution in all analysed pairs belonged to lagomorphs.

Since Eagle Owls are generally dependent on lagomorphs in Southern Portugal, maintaining medium to high densities of rabbits and Iberian hares can be a basic conservation measure for this species, benefiting as well other endangered Iberian top predators. Within these conservation measures, correct management of habitats for game-hunting and maintenance of traditional agricultural patches, can have a greater contribution (see Moreno & Villafuerte 1995, Martins & Borralho 1998, Palma *et al.* 1999, Calvete *et al.* 2004). We consider though necessary to investigate how changes in main preys density can influence demographic and reproductive parameters of this predator in Portugal.

### **Consequences of predation on small game species**

Due to their availability and size, small game species, are optimal prey for many predators along Europe (see Delibes & Hiraldo 1981, Iborra *et al.* 1990, Valkama & Korpimäki 2002). In Southern Portugal, as in most Iberian Peninsula, main preys of Eagle Owls are also game species. Rabbits, Iberian hares and red-legged partridges are the preferred small game species for sport hunting in Portugal. Despite the already proved predation, we ignore the

existence of any study concerning the Eagle Owl as a limiting factor of this game species populations.

Considering that the capture of individuals with lower fitness and of intraguild prey acts as a compensatory predation (see Borralho *et al.* 1993), the Eagle Owl might be a useful predator in the raptors-game ecology (Fernandez-Llario & Hidalgo de Trucios 1995, Kenward 2002, see also section below). Although we were not able to quantify the predation on sick rabbits (myxomatosis and VHD), once lesions are not visible in digested material, the capture of lagomorphs with notorious malformations was detected in Southern Portugal (min. of 9 individuals). Also for Red-legged Partridges about 4% of the individuals ( $n = 9$ ) exhibited malformations, mainly in the tarsus-metatarsus. Despite this data, no strong conclusion can be drawn on the sanitary role of this predator.

Conflicts between birds of prey and hunters are considerably old and persecution has been mainly focused on those species known to feed on domestic or game species (Newton 1979). In spite of being legally protected, Eagle Owls are sometimes subject of persecution. During the eight years of study we have never made a regular monitoring of the breeding period, notwithstanding we have registered nine confirmed cases of direct persecution (clutch destruction, killing or robbing of nestlings). The Red Kite *Milvus milvus* is an example of how rabbit populations decline can cause an increased persecution on predators (Villafuerte *et al.* 1998), however, illegal control of predators is also extended to conflicts associated with other game species (*e.g.* Whitfield *et al.* 2003, see also Mañosa 2002).

In summary, Eagle Owls in Southern Portugal prey mainly on game species, which can be a source of conflicts with game wardens and managers. At the same time, the effects of predation on prey populations are generally poorly studied, being fundamental in conservation biology to have a clear quantification of this interaction. Above all, to reduce conflicts between predators and game-hunting it is necessary to apply the adequate conservation tools, such as, habitat management, promote intraguild predation, education or economic compensation, among others (see Sutherland 2000, Kenward 2002).

### **The role of intraguild predation**

Intraguild predation (IGP) is defined by Polis *et al.* (1989) as a combination between competition and predation, where a species kills and eats another that is a potential competitor. IGP is most common in generalist predators that are usually larger than their intraguild prey (Polis *et al.* 1989), such as Eagle Owls in Mediterranean ecosystems (see Donazar *et al.* 1989).

Eagle Owls have won the fame of super-predators, capable of killing any predator up to its size, mostly due to publications compiling records outside diet context (*e.g.* Herrera 1973,

Mikkola 1976, Krüger & Krüger 1991, Real & Mañosa 1990). Nevertheless, some studies proved IGP by this owl to be a limiting factor to meso-predators populations. Sergio *et al.* (2003) showed that IGP by Eagle Owls can condition the breeding success of Black kites *Milvus migrans*, with the presence of the owl being an indicator of habitat quality for kites (Sergio & Newton 2003). IGP involving the Eagle Owl is mainly asymmetric, i.e., this species is generally the IG predator. There are however a few records of predation on this owl nestlings and adults by carnivores and birds of prey (Mikkola 1976, Mikkola 1983, Solé 2000).

In Southern Portugal we found that the Eagle Owl killed and fed upon 86 individuals of four owl species: Barn Owl *Tyto alba*, Little Owl *Athene noctua*, Tawny Owl *Strix aluco* and Long-eared Owl *Asio otus*. Owls represented between 1% and 6% of the individuals captured and were present in the majority of the analysed territories. Little Owl was the most common prey, probably due to its smaller size (see Woodward & Hildrew 2002) or overall higher abundance comparatively with other owl species (see Lourenço *et al.* 2002). On their turn, diurnal birds of prey are rarely included in Eagle Owl food in Southern Portugal, with only four individuals identified. Comparatively with owls, diurnal birds of prey are inactive during night, making them less available than a owl singing to defend its territory. Concerning carnivores, their frequency is also low, with only three individuals detected, which is in agreement with the low levels of capture of carnivores reported by Hiraldo *et al.* (1975), Donazar (1989), Bayle (1996) or Serrano (1998).

IGP can increase as a response to decreases in the abundance of non-guild typical preys (Polis *et al.* 1989), that in the case of the Eagle Owl in Southern Portugal can be related with low density of rabbits and hares. As a matter of fact, in our three areas we found a negative correlation between the frequency of lagomorphs and the frequency of owls in the diet (Spearman's  $\rho = -0,541$ ,  $p = 0,008$ ,  $n = 23$ ), results which are similar to those compiled by Serrano (2000). The increase in IGP on birds of prey (and mainly owls) when rabbits are scarce seems to be due mainly to food stress, rather than a process of competitors removal (Tella & Mañosa 1993, Serrano 2000). Moreover, most of the species preyed upon in Southern Portugal are rare consumers of lagomorphs, supporting the hypothesis of lower availability of rabbits and hares as the driving force behind IGP.

Although the control of meso-predators by top predators is a polemic subject and seldom verified (see Litvaitis & Villafuerte 1996, but also Palomares *et al.* 1995), the Eagle Owl might contribute to maintain abundances of smaller generalist predators at low levels, which is considered a useful tool in reconciling game-hunting and birds of prey (Kenward 2002).

In conclusion, the Eagle Owl as an intraguild predator might regulate meso-predators populations. Nevertheless, this fact has rarely been assessed with rigour, and so further

investigation is needed on the analysis of food data associated with demographic aspects of intraguild preys. Analysing IGP can also contribute to understand the role of complex species interactions in conservation biology and specially the ecological effects of the decline or removal of predators.

### **Eagle Owls and high conservation concern species**

Predation and competition are strong mechanisms of population limitation in birds (Newton 1998) and special attention should be focused when species with high conservation value are involved. Although not widely studied, Eagle Owls can affect in different degrees the population dynamics of a few species with unfavourable status via predation and competition (see Gainzarain *et al.* 2002, Sergio *et al.* 2003). Once most of the reports on predation and competition by Eagle Owls lack a quantitative analysis of the impacts on the populations of its preys, judgements should be careful when considering species of conservation concern, in this discussion both predator and preys.

In Southern Portugal, considering the predation of Eagle Owl on species with high conservation concern categories (BirdLife International 2004, ICN *in press*), it corresponded mostly to sporadic captures, as in the case of Black-winged Kite *Elanus caeruleus* (n = 1), Red Kite *Milvus milvus* (n = 1), Little bustard *Tetrax tetrax* (n = 1) and Eurasian woodcock *Scolopax rusticola* (n = 1). However, the exception was the Eurasian Thick-knee *Burhinus oedecnemus*, considered as vulnerable in Portugal (ICN *in press*), with 17 individuals captured in the three areas. The fact that this species has nocturnal habits, which include loud calls (Cramp *et al.* 1977-94), can be the major factor why it is regularly preyed by this owl. In Southern Portugal, the Eurasian Thick-knee is a species typical of cereal-steppes (Brito 1998), normally a habitat less exploited by Eagle Owls in a large scale (Martínez *et al.* 2003), so predation might be regular only when steppe-like habitats are available in the owl's territory. Having these facts in mind, one should not assume the predation by Eagle Owls to be relevant for Eurasian Thick-knee populations in Southern Portugal. Notwithstanding, investigation should be undertaken, to evaluate implications of predation on species with unfavourable status. In the study area, Eagle Owls regularly share their territory with Black stork *Ciconia nigra* and Bonelli's Eagle, two threatened species, however, no evidence of strong competitive or predatory interactions was found.

## **The control of opportunistic species**

In conservation biology, an important role of top-predators is the limitation they can exert on populations of common opportunistic prey species, that can register strong increases in the absence of regulation by predation (Meffe & Carrol 1997). Type III functional responses, can regulate prey densities, and specially in cases of generalist predators (see Ricklefs 1990 but also Redpath & Thirgood 1999). To our knowledge we ignore the existence of any study focusing on effective control of opportunistic species by Eagle Owls.

In Southern Portugal, considering common and opportunistic species, the Eagle Owl is a regular predator of Rats (frequency 2.6-5.5%) and corvids (Corvidae: 2.1-6.2%), namely Magpie *Pica pica*, Jay *Garrulus glandarius* and above all Azure-winged Magpie *Cyanopica cyanus*. Once more, these results point out the fact that this predator might have an important role of population regulation in Mediterranean ecosystems. Concerning the corvids, these species have a bad reputation among game wardens, once most species are able to prey on eggs and juveniles of Red-legged Partridges (see Calderon 1977), but also other small game species.

Intraguild predation by top-predators can represent an alternative, less expensive and more human method of predator control (Kenward 2002), demonstrating to game-managers the benefits of birds of prey.

## **Risks associated with feeding on pigeons**

Domestic and feral pigeons *Columba livia* var. *domestica* can exist in considerable numbers in areas where pigeon-fancying is a popular activity. Their availability and size makes of pigeons an energy yielding prey for raptors with the ability to capture these fast flying birds, such as the Bonelli's Eagle *Hieraaetus fasciatus* (e.g. Ontiveros & Pleguezuelos 2000) and the Peregrine Falcon *Falco peregrinus* (Cramp & Simmons 1980). Although Eagle Owls are not agile birds, they can strike birds during night resting, reason why pigeons are sometimes captured, but normally in frequencies lower than 2% (see Hiraldo *et al.* 1975, Bayle 1996, Serrano 1998). In Southern Portugal, we found low frequencies in NE-Alg and C-Alent, however, in the PNSSM some breeding pairs presented frequencies between 9% and 13%, that can be considered relevant.

There are in general two main problems associated with the predation of pigeons: transmission of diseases and human persecution. Pigeons and doves (Columbiformes) are the main hosts in natural environments of avian trichomoniasis, caused by the protozoan *Trichomonas gallinae*, and predation on infected pigeons can be a way of transmission to diurnal birds of prey and owls, groups susceptible to the disease (Friend & Franson 2001). Trichomoniasis in Bonelli's Eagle is frequent in regions where it commonly preys on pigeons,



being an important cause of mortality in nestlings (Real *et al.* 2000, Höfle *et al.* 2000). In Eagle Owls we have no information of individuals infected with trichomoniasis, nevertheless this disease has been reported in the Great Horned Owl *Bubo virginianus* (Jessup 1980), a close species from the American continent (Burton 1992). Considering these facts, the incidence of trichomoniasis should be analysed in breeding pairs that prey regularly on pigeons, to determine if this disease can be a cause of mortality in the Eagle Owl.

The second consequence deals with conservation consciousness, an important tool in conservation biology (Sutherland 2000), since persecution due to conflicts with human activities is still one of the main threats to endangered species (*e.g.* Arroyo & Ferreiro 2001, Ferrer 2001).

**Acknowledgments:** We thank João E. Rabaça and Vincenzo Penteriani for revising a previous draft of the article; António Mira, Luís de Matos and Maria da Luz Mathias for useful advises; and Marisa Candelária, Mafalda Basto, Ivan Prego, Vanessa Oliveira, Miguel Pais, João Paulo Silva, Carlos Franco and Sophie Chollet for field assistance. The PNSSM provided logistic support on part of the field work.

## REFERENCES

- Arroyo, B. & E. Ferreiro 2001. *Action plan for the conservation of Bonelli's Eagle* (*Hieraaetus fasciatus*). BirdLife – European Commission – Council of Europe.
- Batista, T. & L. Mexia de Almeida 1996. Resultados de medidas e outras observações em lebres cobradas em provas e caçadas, de 1992 a 1995. *Revista Florestal* 9: 123-135.
- Bayle, P. 1996. Régime alimentaire du grand-duc d'Europe *Bubo bubo* en période de reproduction dans le Parc National du Mercantour et ses environs (Alpes-Maritimes et Alpes-de-Haute-Provence, France). *Avocetta* 20: 12-25.
- BirdLife International 2004. *Birds in the European Union: a status assessment*. BirdLife International. Wageningen.
- Borrhalho, R., F. Rego & N. Onofre 1993. Raptors and game: the assessment of a net predation rate. *Gibier Faune Sauvage* 10: 155-163.
- Brewer, R. 1994. *The science of ecology. 2nd edition*. Saunders College Publishing. Fort Worth.
- Brito, P.H. 1998. Alcaravão. In: Elias G.L., L.M. Reino, T. Silva, R. Tomé & P. Geraldès (coords) *Atlas das aves invernantes do Baixo Alentejo*. SPEA. Lisboa. 170-171.
- Brower, J.E., J.H. Zar & C.N. Ende 1990. *Field and laboratory methods for general ecology. 3rd edition*. Wm.C. Brown Publishers. Dubuque.
- Burton, J.A. (ed) 1992. *Owls of the World, their evolution, structure and ecology*. Eurobook.

- Calderon, J. 1977. El papel de la Perdiz roja (*Alectoris rufa*) en la dieta de los predadores ibéricos. *Doñana, Acta Vertebrata* 4: 61-126.
- Callou, C. 1997. Diagnose différentielle des principaux éléments squelettiques du lapin (Genre *Oryctolagus*) et du lièvre (Genre *Lepus*) en Europe Occidentale. *Fiches d'ostéologie animale pour l'archéologie. Série B: Mammifères* 8. Centre de Recherches Archéologiques. CNRS. Valbonne-Sophia Antipolis.
- Calvete, C., E. Angulo & R. Estrada 2005. Conservation of European wild rabbit when hunting is age and sex selective. *Biological Conservation* 121: 623-634.
- Calvete, C., R. Estrada, E. Angulo & S. Cabezas-Ruiz 2004. Habitat factors related to wild rabbit conservation in an agricultural landscape. *Landscape Ecology* 19: 531-542.
- Carro, F. & R.C. Soriguer 2002. Liebre ibérica *Lepus granatensis*. In: Palomo, J.L. & J. Gisbert (eds) Atlas de los mamíferos terrestres de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-SECEM-SECEMU. Madrid. 452-455.
- Costa, J.C., C. Aguiar, J.H. Capelo, M. Lousã & C. Neto 1998. Biogeografia de Portugal Continental. *Quercetea* 0: 5-56.
- Cramp, S. (ed) 1985. *The Birds of the Western Palearctic. Vol. 4*. Oxford University Press. Oxford.
- Cramp, S. & K.E.L. Simmons (eds) 1980. *The Birds of the Western Palearctic. Vol 2*. Oxford University Press. Oxford.
- Cramp, S., K.E.L. Simmons & C.M. Perrins (eds) 1977-94. *The Birds of the Western Palearctic. Vol. 1-9*. Oxford University Press. Oxford.
- Delibes, M. & F. Hiraldo 1981. The rabbit as prey in the Iberian Mediterranean ecosystem. In: K. Myers & C.D. MacInnes (eds) *Proc. World Lagomorph Conference*. Guelph. 614-622.
- Delibes, M., J. Calderon & F. Hiraldo 1975. Selección de presa y alimentación en España del Águila Real (*Aquila chrysaetos*). *Ardeola* 21: 285-303.
- Donázar, J.A. 1989. Variaciones geográficas y estacionales en la alimentación del Búho Real *Bubo bubo* en Navarra. *Ardeola* 36: 25-39.
- Donázar, J.A. & O. Ceballos 1989. Selective predation by Eagle Owls *Bubo bubo* on rabbits *Oryctolagus cuniculus*: Age and sex preferences. *Ornis Scandinavica* 20: 117-122.
- Donázar, J.A., F. Hiraldo, M. Delibes & R.R. Estrella 1989. Comparative food habits of the Eagle Owl *Bubo bubo* and the Great Horned Owl *Bubo virginianus* in six Palearctic and Nearctic biomes. *Ornis Scandinavica* 20: 298-306.
- Donázar, J.A. & P. Kalinainen 1997. Eagle Owl. In: Hagemeijer, W.J.M. & M.J. Blair (eds) *The EBCC Atlas of European Breeding Birds – their distribution and abundance*. T&AD Poyser. London. 402-403.

- Fernández, C. 1993. Effect of the viral haemorrhagic pneumonia of the wild rabbit on the diet and breeding success of the Golden Eagle *Aquila chrysaetos* (L.). *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* **48**: 323-329.
- Fernández-Llario, P. & S.J. Hidalgo de Trucios 1995. Importancia de presas con limitaciones físicas en la dieta del Búho Real, *Bubo bubo*. *Ardeola* **42**: 205-207.
- Ferrer, M. 2001. *The Spanish Imperial Eagle*. Lynx Edicions. Barcelona.
- Friend, M. & J.C. Franson 2001. *Field Manual of Wildlife Diseases – General field procedures and diseases of birds*. Biological Resources Division. U.S. Geological Survey. Madison.
- Gainzarain, J.A., R. Arambarri & A.F. Rodríguez 2002. Population size and factors affecting the density of the Peregrine Falcon *Falco peregrinus* in Spain. *Ardeola* **49**: 67-74.
- Gama, M.M. 1957. *Mamíferos de Portugal: chaves para a sua determinação*. Memórias e estudos. Museu Zoológico da Universidade de Coimbra.
- Herrera, C.M. 1973. La captura de carnívoros por las strigiformes. *Ardeola* **19**: 439-444.
- Herrera, C.M. & F. Hiraldo 1976. Food-niche and trophic relationships among European owls. *Ornis Scandinavica* **7**: 29-41.
- Hiraldo, F., J. Andrada & F.F. Parreño 1975. Diet of the Eagle Owl (*Bubo bubo*) in Mediterranean Spain. *Doñana, Acta Vertebrata* **2**: 161-177.
- Hiraldo, F., F.F. Parreño, V. Andrada & F. Amores 1976. Variations in the food habits of the european Eagle Owl (*Bubo bubo*). *Doñana, Acta Vertebrata* **3**: 137-156.
- Höfle, U., J.M. Blanco, L. Palma & P. Melo 2000. Trichomoniasis in Bonelli's eagle (*Hieraaetus fasciatus*) nestlings in south-west Portugal. In: Lumeij, J.T., J.D. Remple, P.T. Redig, M. Lierz & J.E. Cooper (eds) *Raptor biomedicine III*. Zoological Education Network. Lake Worth. Florida. 45-52.
- Iborra, O., C.P. Arthur & P. Bayle 1990. Importance trophique du lapin de garenne pour les grands rapaces provençaux. *Vie et Milieu* **40**: 177-188.
- ICN *in press*. *Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal* (revisão). Instituto da Conservação da Natureza. Lisboa.
- Janossy, D. & E. Schmidt 1970. Die Nahrung des Uhus (*Bubo bubo*) – Regionale und erdzeitliche Änderungen. *Bonn. Zool. Beitr.* **21**: 25-51.
- Jessup, D.A. 1980. Trichomoniasis in Great Horned Owl. *Modern Veterinary Practice* **61**: 601-604.
- Kenward, R. 2002. *Management tools for reconciling bird hunting and diversity*. REGHAB unpublished report. CEH-IREC. Ciudad Real.

- Krüger, H. & M. Krüger 1991. Fischadler (*Pandion haliaetus*) und Schmarotzerraubmöwe (*Stercorarius parasiticus*) als Beute des Uhus (*Bubo bubo*) in Ostthüringen. *Acta Ornithoecologica* 2: 284.
- Litvaitis, J.A. & R. Villafuerte 1996. Intraguild predation, mesopredator release, and prey stability. *Conservation Biology* 10: 676-677.
- Lourenço, R.F., M.P. Basto, R. Cangarato, M.C. Álvaro, V.A. Oliveira, S. Coelho & M.C. Pais 2002. The owl (Order Strigiformes) assemblage in the North-eastern Algarve. *Airo* 12: 25-33.
- MacDonald, D. & P. Barrett 1993. *Mammals of Britain and Europe*. Harper Collins. London.
- Madureira, M.L. & M.G. Ramalhinho 1981. Notas sobre a distribuição, diagnose e ecologia do Insectivora e Rodentia portugueses. *Arquivos do Museu Bocage (série A)* 1: 165-263.
- Mañosa, S. 2002. *The conflict between gamebird hunting and raptors in Europe*. REGHAB unpublished report. Universitat de Barcelona-IREC. Ciudad Real.
- Marchesi, L., P. Pedrini & F. Sergio 2002a. Biases associated with diet study methods in the Eurasian Eagle-Owl. *Journal of Raptor Resesearch* 36: 11-16.
- Marchesi, L., F. Sergio & P. Pedrini 2002b. Costs and benefits of breeding in human-altered landscapes for the Eagle Owl *Bubo bubo*. *Ibis* 144(on-line): 164-177.
- Marti, R. & J.C. del Moral (eds) 2003. *Atlas de las aves reproductoras de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza – Sociedad Española de Ornitología. Madrid.
- Martínez, J.A., D. Serrano & I. Zuberogoitia 2003. Predictive models of habitat preferences for the Eurasian eagle owl *Bubo bubo*: a multiscale approach. *Ecography* 26: 21-28.
- Martínez, J.A. & I. Zuberogoitia 2001. The response of the Eagle Owl (*Bubo bubo*) to an outbreak of the rabbit haemorrhagic disease. *Journal für Ornithologie* 142: 204-211.
- Martínez, J.A. & I. Zuberogoitia 2002. Factors affecting the vocal behaviour of Eagle Owls *Bubo bubo*: effects of sex and territorial status. *Ardeola* 49: 1-9.
- Martínez, J.A. & I. Zuberogoitia 2003. Búho Real. In: Marti, R. & J.C. del Moral (eds) *Atlas de las aves reproductoras de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza – Sociedad Española de Ornitología. Madrid. 316-317.
- Martínez, J.E. & J.F. Calvo 2001. Diet and breeding success of Eagle Owl in Southeastern Spain: effect of Rabbit Haemorrhagic Disease. *Journal of Raptor Research* 35: 259-262.
- Martínez, J.E., M.A. Sanchez, D. Carmona, J.A. Sanchez, A. Ortuño & R. Martínez 1992. The ecology and conservation of the Eagle Owl *Bubo bubo* in Murcia, south-east Spain. In: C.A. Gailbraith, I.R. Taylor & S. Percival (eds) *The ecology and conservation of European owls*. JNCC. UK Nature Conservation 5. Peterborough. 84-88.

- Martins, H. & R. Borralho 1998. Avaliação da selecção de habitat pelo Coelho-bravo (*Oryctolagus cuniculus* L. 1758) numa zona do centro de Portugal através da análise de indícios de presença. *Silva Lusitana* **6**: 73-88.
- Mathias, M.L. (ed) 1999. *Mamíferos terrestres de Portugal Continental, Açores e Madeira*. ICN. Lisboa.
- Meffe, G.K. & C.R. Carrol (eds) 1997. *Principles of conservation biology*. 2nd edition. Sinauer. Sunderland.
- Mikkola, H. 1976. Owls killing and killed by other owls and raptors in Europe. *British Birds* **69**: 144-154.
- Mikkola, H. 1983. *Owls of Europe*. T&AD Poyser. London.
- Moreno, E. 1985. Clave osteológica para la identificación de los Passeriformes ibéricos I. Aegithalidae, Remizidae, Paridae, Emberizidae, Passeridae, Fringillidae, Alaudidae. *Ardeola* **32**: 295-377.
- Moreno, E. 1986. Clave osteológica para la identificación de los Passeriformes ibéricos II. Hirundinidae, Prunellidae, Sittidae, Certhiidae, Troglodytidae, Cinclidae, Laniidae, Oriolidae, Corvidae, Sturnidae, Motacillidae. *Ardeola* **33**: 69-129.
- Moreno, E. 1987. Clave osteológica para la identificación de los Passeriformes ibéricos III. Muscicapidae. *Ardeola* **34**: 243-273.
- Moreno, S. & R. Villafuerte 1995. Traditional management of scrubland for the conservation of rabbits *Oryctolagus cuniculus* and their predators in Doñana National Park, Spain. *Biological Conservation* **73**: 81-85.
- Morris, P. 1979. Rats in the diet of the Barn Owl (*Tyto alba*). *Journal of Zoology (London)* **189**: 540-545.
- Morris, P.A. & M.J. Burgis 1988. A method for estimating total body weight of avian prey items in the diet of Owls. *Bird Study* **35**: 147-152.
- Newton, I. 1979. *Population Ecology of Raptors*. T&AD Poyser. London.
- Newton, I. 1998. *Population limitation in birds*. Academic Press. San Diego.
- Ontiveros, D. & J.M. Pleguezuelos 2000. Influence of prey densities in the distribution and breeding success of Bonelli's eagle (*Hieraaetus fasciatus*): management implications. *Biological Conservation* **93**: 19-25.
- Ormerod, S.J. 2002. Applied issues with predators and predation: editor's introduction. *Journal of Applied Ecology* **39**: 181-188.
- Orsini, P. 1985. Le régime alimentaire du hibou grand-duc *Bubo bubo* en Provence. *Alauda* **53**: 11-28.
- Pais, M.C., M.P. Basto, R. Cangarato, S.E. Coelho, J.P. Ferreira, C. Janeiro, J.T. Marques, N.M. Pedroso, R. Alcazar, P.E. Cardoso, R.F. Lourenço, S.C. Pereira, I. Melo, C. Sérgio &

- M.J. Pinto 2003. *Corredores Ecológicos Serra Morena – Serras Algarvias: a importância do troço Beliche-Pomarão*. CEAL. Évora.
- Palma, L., P. Beja & M. Rodrigues 1999. The use of sighting data to analyse Iberian lynx habitat and distribution. *Journal of Applied Ecology* **36**: 812-824.
- Palomares, F., P. Gaona, P. Ferreras & M. Delibes 1995. Positive effects on game species of top predators by controlling smaller predator populations: an example with lynx, mongooses, and rabbits. *Conservation Biology* **9**: 295-305.
- Penteriani, V. 2002. Variation in the function of Eagle Owl vocal behaviour: territorial defence and intra-pair communication? *Ethology Ecology & Evolution* **14**: 275-281.
- Penteriani, V., M. Gallardo, P. Roche & H. Cazassus 2001. Effects of landscape spatial structure and composition on the settlement of the Eagle Owl *Bubo bubo* in a Mediterranean habitat. *Ardea* **89**: 331-340.
- Pérez, V. 1980. Alimentación del Búho Real (*Bubo bubo* L.) en España Central. *Ardeola* **25**: 93-112.
- Polis, G.A., C.A. Myers & R.D. Holt 1989. The ecology and evolution of intraguild predation: potential competitors that eat each other. *Annual Review of Ecology and Systematics* **20**: 297-330.
- Prenda, J., D. Freitas, M. Santos-Reis & M.J. Collares-Pereira 1997. Guia para la identificación de restos óseos pertenecientes a algunos peces comunes en las aguas continentales de la Península Ibérica para el estudio de la dieta de depredadores ictiófagos. *Doñana, Acta Vertebrata* **24**: 155-180.
- Rathberger, C. & P. Bayle 1997. Régime alimentaire du Grand-duc d'Europe *Bubo bubo*, en période de reproduction, dans la région de Menton (Alpes-Maritimes, France). *Alauda* **65**: 351-356.
- Real, J. & S. Mañosa 1990. Eagle Owl (*Bubo bubo*) predation on juvenile Bonelli's Eagles (*Hieraaetus fasciatus*). *Journal of Raptor Research* **24**: 69-71.
- Real, J., S. Mañosa & E. Muñoz 2000. Trichomoniasis in a Bonelli's eagle population in Spain. *Journal of Wildlife Diseases* **36**: 64-70.
- Redpath, S.M. & S.J. Thirgood 1999. Numerical and functional responses in generalist predators: hen harriers and peregrines on Scottish grouse moors. *Journal of Animal Ecology* **68**: 879-892.
- Ricklefs, R.E. 1990. *Ecology. 3rd edition*. W.H. Freeman. New York.
- Rivas-Martínez, S. T.E. Díaz, F. Fernández-González, J. Izco, J. Loidi, M. Lousã & A. Penas 2002. Vascular plant communities of Spain and Portugal. *Itinera Geobotanica* **15**: 5-432.
- Rosenberg, K.V. & R.J. Cooper 1990. Approaches to avian diet analysis. *Studies in Avian Biology* **13**: 80-90.

- Sergio, F., L. Marchesi & P. Pedrini 2003. Spatial refugia and the coexistence of a diurnal raptor with its intraguild owl predator. *Journal of Animal Ecology* **72**: 232-245.
- Sergio, F. & I. Newton 2003. Occupancy as a measure of territory quality. *Journal of Animal Ecology* **72**: 857-865.
- Sergio, F., L. Marchesi, P. Pedrini, M. Ferrer & V. Penteriani 2004. Electrocution alters the distribution and density of a top predator, the eagle owl *Bubo bubo*. *Journal of Applied Ecology* **41**: 836-845.
- Serrano, D. 1998. Diferencias interhabitat en la alimentación del Búho Real (*Bubo bubo*) en el Valle Medio del Ebro (NE de España): efecto de la disponibilidad de conejo (*Oryctolagus cuniculus*). *Ardeola* **45**: 35-46.
- Serrano, D. 2000. Relationship between raptors and rabbits in the diet of Eagle Owls in southwestern Europe: competition removal or food stress? *Journal of Raptor Research* **34**: 305-310.
- Simmons, R.E., D.M. Avery & G. Avery 1991. Biases in diets determined from pellets and remains: correction factors for a mammal and bird-eating raptor. *Journal of Raptor Research* **25**: 63-67.
- Solé, J. 2000. Depredaciones de Zorro *Vulpes vulpes* sobre Búho Real *Bubo bubo* en un area del litoral iberico. *Ardeola* **47**: 97-99.
- Sutherland, W.J. 2000. *The conservation handbook – research, management and policy*. Blackwell. Oxford.
- Tella, J.L. & S. Mañosa 1993. Eagle Owl predation on Egyptian Vulture and Northern Goshawk: possible effect of a decrease in European rabbit availability. *Journal of Raptor Research* **27**: 111-112.
- Valkama, J. & E. Korpimäki 2002. *Ecological background of the raptor-gamebird conflict: raptors as limiting factors of gamebird populations*. REGHAB unpublished report. University of Turku-IREC. Ciudad Real.
- Villafuerte, R. 2002. Conejo *Oryctolagus cuniculus*. In: Palomo, J.L. & J. Gisbert (eds) *Atlas de los mamíferos terrestres de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-SECEM-SECEMU. Madrid. 464-467.
- Villafuerte, R., C. Calvete, J.C. Blanco & J. Lucientes 1995. Incidence of viral haemorrhagic disease in wild rabbit populations in Spain. *Mammalia* **59**: 651-659.
- Villafuerte, R., J. Viñuela & J.C. Blanco 1998. Extensive predator persecution caused by population crash in a game species: the case of red kites and rabbits in Spain. *Biological Conservation* **84**: 181-188.
- Viñuela, J. & R. Villafuerte 2003. Predators and Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) in Spain: a key conflict for European raptor conservation. In: Thompson, D.B.M., S. Redpath, A.

- Fielding, M. Marquiss, C.A. Galbraith (eds) *Birds of prey in a changing environment*. The Stationery Office. London. 511-526.
- Whitfield, D.P., D.R.A. McLeod, J. Watson, A.H. Fielding & P.F. Haworth 2003. The association of grouse moor in Scotland with the illegal use of poisons to control predators. *Biological Conservation* **114**: 157-163.
- Willgohs, J.F. 1974. The eagle owl *Bubo bubo* (L.) in Norway. Part I. Food ecology. *Sterna* **13**:129-177.
- Woodward, G. & A.G. Hildrew 2002. Body size determinants of niche overlap and intraguild predation within a complex food web. *Journal of Animal Ecology* **71**: 1063-1074.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4th edition. Prentice Hall. New Jersey.



Table 1. Diet in Serra de São Mamede Natural Park (PNSSM), Central Alentejo (C-Alent) and North-eastern Algarve (NE-Alg). N – number of prey individuals; F(%) – frequency in the diet; B(%) – biomass contribution.

	PNSSM			C-Alent			NE-Alg		
	N	F (%)	B (%)	N	F (%)	B (%)	N	F (%)	B (%)
<b>MAMMALS</b>	<b>364</b>	<b>61.0</b>	<b>74.1</b>	<b>844</b>	<b>61.5</b>	<b>76.6</b>	<b>690</b>	<b>69.6</b>	<b>81.1</b>
<b>Insectivora</b>	<b>57</b>	<b>9.4</b>	<b>14.2</b>	<b>52</b>	<b>4.0</b>	<b>6.1</b>	<b>42</b>	<b>4.0</b>	<b>6.3</b>
<i>Erinaceus europaeus</i>	54	9.1	14.2	51	4.0	6.1	40	3.9	6.3
<i>Talpa occidentalis</i>	2	0.1	0.0	0	0.0	0.0	1	0.1	0.0
<i>Crocidura russula</i>	1	0.1	0.0	1	0.1	0.0	1	0.1	0.0
<b>Carnivora</b>	<b>1</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.4</b>	<b>1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>
<i>Genetta genetta</i>	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	1	0.1	0.2
<i>Felis catus</i>	0	0.0	0.0	1	0.1	0.4	0	0.0	0.0
Carnivora not identified	1	0.3	0.5	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
<b>Rodentia</b>	<b>40</b>	<b>8.0</b>	<b>1.9</b>	<b>170</b>	<b>12.6</b>	<b>5.0</b>	<b>155</b>	<b>15.0</b>	<b>5.9</b>
<i>Arvicola sapidus</i>	5	0.9	0.4	73	5.1	2.6	89	8.5	4.1
<i>Microtus duodecimcostatus</i>	4	0.9	0.1	2	0.1	0.0	6	0.5	0.0
<i>Rattus rattus</i>	13	1.9	0.6	17	1.2	0.5	3	0.1	0.1
<i>Rattus norvegicus</i>	0	0.0	0.0	5	0.3	0.2	0	0.0	0.0
<i>Rattus spp.</i>	5	1.1	0.3	51	4.0	1.4	24	2.5	0.9
<i>Apodemus sylvaticus</i>	7	1.4	0.1	4	0.2	0.0	3	0.5	0.1
<i>Mus spp.</i>	2	0.5	0.0	7	0.7	0.0	2	0.2	0.0
<i>Eliomys quercinus</i>	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	15	1.5	0.4
Small rodent <sup>a</sup>	1	0.1	0.0	4	0.5	0.0	5	0.4	0.0
Large rodent <sup>b</sup>	3	1.3	0.4	7	0.6	0.3	8	0.8	0.3
<b>Lagomorpha</b>	<b>266</b>	<b>43.3</b>	<b>57.5</b>	<b>621</b>	<b>44.7</b>	<b>65.0</b>	<b>492</b>	<b>50.4</b>	<b>68.7</b>
<i>Lepus granatensis</i>	42	7.4	16.0	97	7.7	17.7	123	12.4	29.0
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	91	15.2	26.5	253	17.7	34.1	162	16.4	25.5
Juvenile Leporidae	133	20.8	14.9	271	19.3	13.3	207	21.6	14.1
<b>BIRDS</b>	<b>221</b>	<b>36.5</b>	<b>25.7</b>	<b>469</b>	<b>34.9</b>	<b>23.0</b>	<b>270</b>	<b>26.9</b>	<b>18.2</b>
<b>Podicipediformes</b>	<b>4</b>	<b>0.5</b>	<b>0.2</b>	<b>17</b>	<b>2.1</b>	<b>0.9</b>	<b>2</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>
<i>Tachybaptus ruficollis</i>	4	0.5	0.2	17	2.1	0.9	2	0.2	0.1
<b>Ciconiiformes</b>	<b>3</b>	<b>0.3</b>	<b>0.3</b>	<b>5</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>
<i>Bubulcus ibis</i>	3	0.3	0.3	4	0.4	0.4	0	0.0	0.0
<i>Egretta garzetta</i>	0	0.0	0.0	1	0.1	0.1	1	0.1	0.1
<b>Anseriformes</b>	<b>4</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>	<b>7</b>	<b>0.7</b>	<b>1.1</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
<i>Anas platyrhynchos</i>	0	0.0	0.0	3	0.3	0.6	0	0.0	0.0
<i>Anas crecca</i>	0	0.0	0.0	1	0.1	0.1	0	0.0	0.0
Anatidae ni (juvenile)	4	0.7	0.8	3	0.3	0.4	0	0.0	0.0
<b>Accipitriformes</b>	<b>1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>
<i>Elanus caeruleus</i>	1	0.2	0.1	1	0.1	0.0	0	0.0	0.0
<i>Milvus milvus</i>	0	0.0	0.0	1	0.1	0.2	0	0.0	0.0
<i>Falco tinnunculus</i>	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	1	0.1	0.1
<b>Galliformes</b>	<b>23</b>	<b>3.9</b>	<b>4.3</b>	<b>82</b>	<b>6.3</b>	<b>7.2</b>	<b>132</b>	<b>13.9</b>	<b>14.1</b>
<i>Alectoris rufa</i>	23	3.9	4.3	81	6.3	7.1	130	13.7	13.9
<i>Gallus gallus</i> (juvenile)	0	0.0	0.0	1	0.1	0.0	2	0.2	0.2
<b>Gruiformes</b>	<b>26</b>	<b>4.6</b>	<b>3.1</b>	<b>57</b>	<b>5.0</b>	<b>3.8</b>	<b>13</b>	<b>1.2</b>	<b>0.8</b>
<i>Gallinula chloropus</i>	24	4.3	2.8	51	4.4	2.9	12	1.2	0.8
<i>Fulica atra</i>	0	0.0	0.0	4	0.4	0.9	0	0.0	0.0
Rallidae ni (juvenile)	1	0.1	0.1	2	0.2	0.1	0	0.0	0.0
<i>Tetrax tetrax</i>	1	0.2	0.3	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
<b>Charadriiformes</b>	<b>12</b>	<b>2.1</b>	<b>1.6</b>	<b>13</b>	<b>1.3</b>	<b>1.3</b>	<b>4</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>
<i>Vanellus vanellus</i>	6	1.0	0.5	3	0.3	0.1	0	0.0	0.0
<i>Burhinus oedipnemus</i>	6	1.1	1.1	8	0.8	1.0	3	0.2	0.2
<i>Scolopax rusticola</i>	0	0.0	0.0	1	0.1	0.1	0	0.0	0.0
Small wader <sup>c</sup>	0	0.0	0.0	1	0.1	0.0	1	0.1	0.0

Table 1. Continued

<b>Columbiformes</b>	<b>71</b>	<b>11.9</b>	<b>8.9</b>	<b>60</b>	<b>3.7</b>	<b>3.0</b>	<b>20</b>	<b>1.5</b>	<b>0.9</b>
<i>Columba livia</i> var. <i>domestica</i>	50	7.9	5.7	39	1.9	1.4	15	1.2	0.7
<i>Columba palumbus</i>	2	0.7	0.7	12	0.8	0.8	1	0.1	0.1
<i>Columba</i> spp.	19	3.2	2.6	9	1.0	0.8	1	0.1	0.1
<i>Streptopelia turtur</i>	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	3	0.2	0.1
<b>Strigiformes</b>	<b>38</b>	<b>6.2</b>	<b>4.5</b>	<b>39</b>	<b>3.0</b>	<b>1.8</b>	<b>9</b>	<b>1.0</b>	<b>0.5</b>
<i>Tyto alba</i>	13	2.0	1.4	6	0.3	0.3	3	0.4	0.2
<i>Athene noctua</i>	14	2.1	0.9	24	1.8	0.9	5	0.4	0.1
<i>Strix aluco</i>	11	2.1	2.1	7	0.7	0.6	1	0.2	0.1
<i>Asio otus</i>	0	0.0	0.0	2	0.2	0.1	0	0.0	0.0
<b>Coraciiformes</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>5</b>	<b>0.5</b>	<b>0.1</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
<i>Upupa epops</i>	0	0.0	0.0	1	0.0	0.0	0	0.0	0.0
<i>Merops apiaster</i>	0	0.0	0.0	1	0.1	0.0	0	0.0	0.0
<i>Alcedo atthis</i>	0	0.0	0.0	3	0.4	0.1	0	0.0	0.0
<b>Piciformes</b>	<b>2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.2</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
<i>Picus viridis</i>	2	0.3	0.2	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
<b>Passeriformes</b>	<b>36</b>	<b>5.7</b>	<b>1.4</b>	<b>178</b>	<b>11.2</b>	<b>2.9</b>	<b>88</b>	<b>8.7</b>	<b>1.6</b>
<i>Pica pica</i>	1	0.2	0.1	6	0.5	0.3	0	0.0	0.0
<i>Cyanopica cooki</i>	0	0.0	0.0	80	4.3	0.8	28	2.7	0.5
<i>Garrulus glandarius</i>	5	1.5	0.5	11	0.7	0.3	9	1.1	0.3
<i>Corvus corone</i>	0	0.0	0.0	3	0.4	0.5	0	0.0	0.0
<i>P. pica</i> / <i>G. glandarius</i>	3	0.4	0.2	6	0.3	0.1	1	0.1	0.0
Turdidae not identified	1	0.1	0.0	12	0.6	0.1	9	1.2	0.2
<i>Sturnus</i> spp.	12	1.4	0.3	10	0.7	0.1	14	1.3	0.3
<i>Lanius meridionalis</i>	0	0.0	0.0	1	0.1	0.0	0	0.0	0.0
<i>Miliaria calandra</i>	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	1	0.1	0.0
Passeriformes not identified	14	2.2	0.4	49	3.5	0.5	26	2.1	0.3
<b>Birds not identified</b>	<b>1</b>	<b>0.3</b>	<b>0.3</b>	<b>4</b>	<b>0.5</b>	<b>0.4</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
<b>REPTILES</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.0</b>
<i>Tarentola mauritanica</i>	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	1	0.1	0.0
<b>AMPHIBIANS</b>	<b>4</b>	<b>0.5</b>	<b>0.1</b>	<b>22</b>	<b>1.2</b>	<b>0.3</b>	<b>15</b>	<b>1.2</b>	<b>0.2</b>
<i>Pelobates cultripes</i>	4	0.5	0.1	11	0.7	0.2	7	0.5	0.1
<i>Bufo bufo</i>	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	1	0.1	0.0
Anura not identified	0	0.0	0.0	11	0.7	0.2	6	0.6	0.1
<i>Pleurodeles waltl</i>	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	1	0.1	0.0
<b>FISHES</b>	<b>1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>2</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>16</b>	<b>1.2</b>	<b>0.5</b>
<i>Barbus</i> spp.	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	16	1.2	0.5
Cyprinidae not identified	1	0.2	0.1	2	0.0	0.0	0	0.0	0.0
<b>ARTHROPODS</b>	<b>13</b>	<b>1.8</b>	<b>0.0</b>	<b>22</b>	<b>2.4</b>	<b>0.1</b>	<b>13</b>	<b>1.0</b>	<b>0.0</b>
Coleoptera not identified	13	1.8	0.0	3	0.3	0.0	4	0.3	0.0
Orthoptera not identified	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	1	0.1	0.0
<i>Buthus occitanus</i> (Scorpionida)	0	0.0	0.0	1	0.1	0.0	6	0.4	0.0
<i>Procambarus clarkii</i> (Decapoda)	0	0.0	0.0	18	2.0	0.1	2	0.2	0.0
<b>TOTAL OF INDIVIDUALS</b>	<b>603</b>			<b>1359</b>			<b>1005</b>		

a – *A. sylvaticus* / *Mus* spp.; b – *A. sapidus* / *Rattus* spp. / *E. quercinus*; c – *Charadrius dubius* / *Tringa ochropus* / *Actitis hypoleucos*.

## 7. Conclusões finais

O Bufo-real é um dos principais predadores de topo que ocorrem na Península Ibérica, nomeadamente na região de influência mediterrânica, e os lagomorfos constituem as suas presas básicas, destacando-se sobretudo o coelho-bravo.

No entanto, devido a factores inerentes às características dos habitats ou a declínios populacionais associados a epizootias e pressão cinegética, os coelhos e lebres podem ser localmente pouco abundantes ou muito escassos. Nestas situações, os casais têm que diversificar a sua alimentação, o que leva a que seja possível, pelo menos, identificar três estratégias alimentares na Península Ibérica:

a) Os casais que habitam territórios com elevada abundância de coelho e/ou lebre, alimentam-se quase exclusivamente destas presas, dado serem as mais rentáveis, registando-se assim, dietas baseadas em lagomorfos. Tal como outras espécies de aves de rapina (e.g. Viñuela & Veiga 1992, Steenhof *et al.* 1997, Arroyo 1998), também o Bufo-real poderá obter benefícios significativos em termos reprodutivos e de sobrevivência, em consequência de uma alimentação baseada em lagomorfos.

b) Em locais com densidade média/baixa de coelho e/ou lebre, os casais poder-se-ão centrar numa outra presa se a mesma for rentável em termos energéticos e de disponibilidade. Apenas os roedores, onde se destacam as ratazanas (*Rattus* spp.), podem constituir presas alternativas aos lagomorfos a ponto de permitir uma dieta baseada nestas espécies. Contudo, esta estratégia alimentar baseada em roedores é quase sempre complementada com alguns lagomorfos ou outras presas. A sua ocorrência na Península Ibérica está sobretudo restrita à parte nordeste e a zonas humanizadas.

c) Quando os lagomorfos e os roedores são pouco abundantes, de forma a que nenhum destes grupos possa constituir a base alimentar dos casais, surgem estratégias alimentares baseadas na diversidade de presas. No entanto, quase sempre os lagomorfos mantêm contributos importantes. As dietas diversificadas incluem várias aves de média dimensão, como espécies aquáticas ou rapinas nocturnas, e também ouriços, como as presas com maior contributo.

Em consequência da verificação destas três estratégias alimentares, levanta-se a importante questão de conhecer os efeitos de diferentes esforços de captura de presas e contributos energéticos no desempenho reprodutor e sobrevivência do Bufo-real na Península Ibérica. No que diz respeito à região Sul de Portugal, identificam-se duas estratégias alimentares: casais cuja dieta é baseada em lagomorfos; e casais com dieta diversificada embora os lagomorfos sejam a presa principal. Sobretudo quando se tem em conta o contributo

energético, é possível perceber que os lagomorfos são a base alimentar do Bufo-real.

Apesar do coelho-bravo ser a presa principal na globalidade, nalguns locais a lebre supera o contributo energético da anterior.

Os declínios verificados nalgumas populações de coelhos e lebres são assim um importante factor de risco para a estabilidade populacional do Bufo-real no Sul do País.

As principais presas do Bufo-real são simultaneamente as espécies de caça menor preferidas no Sul de Portugal. Não está confirmada, no entanto, a existência de uma regulação populacional destas presas devido à predação. Este facto pode, contudo, ser um foco de conflito entre gestores e guardas de caça e a conservação das aves de rapina, pelo que é urgente avaliar a fundo esta interacção.

O Bufo-real exerce sobre vários meso-predadores uma predação intra-guilde, capturando também espécies comuns e oportunistas como ratazanas e corvídeos. Contudo, as aves de rapina nocturnas são as presas intra-guilde mais frequentes, devido muito provavelmente aos seus hábitos nocturnos. Todos estes factos reforçam o papel do Bufo-real como predador com a capacidade de exercer alguma regulação populacional de presas, um ponto essencial ao equilíbrio dos ecossistemas mediterrânicos. No entanto, é importante referir que faltam análises objectivas que permitam corroborar estas evidências, nomeadamente no que toca ao papel da predação intra-guilde.

Os pombos são, por vezes, espécies comuns na alimentação do Bufo-real, advindo daí dois potenciais problemas: a incidência de doenças como a tricomoniase, que não está estudada nesta espécie; e a perseguição por criadores de pombos. Uma vez mais, é a falta de conhecimentos que não permite analisar com segurança os factores capazes de influenciar a dinâmica populacional da espécie.

Das conclusões acima mencionadas resultam como principais medidas de conservação aplicadas ao Bufo-real os seguintes pontos:

- a) Recuperação das populações de coelho e lebre, nomeadamente por protecção dos habitats agrícolas de sequeiro; criação de mosaicos com matagais e áreas abertas.
- b) Protecção legal de algumas áreas importantes
- c) Educação ambiental dirigida a agentes com maior intervenção no terreno, como caçadores, gestores de caça, agricultores, produtores florestais, entre outros.
- d) Estudo das interacções entre o Bufo-real e as suas presas, nomeadamente espécies cinegéticas e meso-predadores.

## 8. Referências bibliográficas

(Apenas inclui as referências citadas na introdução e conclusões)

- Álvares, F. & J. A. Figueira 1999. Distribuição do Bufo-real *Bubo bubo* na Bacia Hidrográfica do Rio Ardila (Alentejo). In: Beja, P., P. Catry & F. Moreira (eds) *Actas do II Congresso de Ornitologia da Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves*. SPEA. Lisboa. 78-79
- Arroyo, B.E. 1998. Effect of diet on the reproductive success of Montagu's Harrier *Circus pygargus*. *Ibis* **140**: 690-693.
- Arroyo, B. & E. Ferreira 2001. *Action Plan for the Conservation of Bonelli's Eagle* (*Hieraaetus fasciatus*). BirdLife International, European Commission, Council of Europe.
- Blondel, J. & O. Badan 1976. La biologie du Hibou grand-duc en Provence. *Nos Oiseaux* **33**: 189-219.
- BirdLife International/EBCC 2000. *European Bird Populations: estimates and trends*. BirdLife Conservation series no. 10. BirdLife International. Cambridge.
- BirdLife International 2004. *Birds in the European Union: a status assessment*. BirdLife International. Wageningen.
- Brewer, R. 1994. *The science of ecology. Second edition*. Saunders college publishing. Ft. Worth.
- Burton, J.A. (ed) 1992. *Owls of the World*. Peter Lowe. Eurobook.. Londres.
- Cabral, M.J.M., C.P. Magalhães, M.E. Oliveira & C. Romão (eds) 1990. *Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal. Vol. 1 – Mamíferos, Aves, Répteis e Anfíbios*. SNPRCN. Lisboa.
- CEAI 2004. *Monitorização de Aves de Rapina na área de regolfo da Albufeira de Alqueva*. Relatório final não publicado. EDIA, Beja. CEAI, Évora.
- Costa, J.C., C. Aguiar, J.H. Capelo, M. Lousã & C. Neto 1998. Biogeografia de Portugal Continental. *Quercetea* **0**: 5-56.
- Costa, L.T. , M. Nunes, P. Gerales & H. Costa 2003. *Zonas Importantes para as Aves em Portugal*. SPEA. Lisboa.
- Cramp, S. (ed) 1985. *The Birds of the Western Palearctic. Vol. IV*. Oxford University Press. Oxford.
- De Juana, E. & C. Martínez 1997. *European Union Species Action Plan for Little Bustard* (*Tetrax tetrax*). European Commission.
- Donázar, J.A. 1988. Selección del habitat de nidificación por el Búho Real (*Bubo bubo*) en Navarra. *Ardeola* **35**: 233-245.
- Donázar, J.A. & P. Kalinainen 1997. Eagle Owl. In: Hagemeijer, W.J.M. & M.J. Blair (eds) *The EBCC Atlas of European Breeding Birds – their distribution and abundance*. T&AD Poyser. London. 402-403.

- Elias, G.L., L.M. Reino, T. Silva, R. Tomé & P. Geraldès (coords) 1998. *Atlas das aves invernantes do Baixo Alentejo*. SPEA. Lisboa.
- González, L.M. 1996. *Action Plan for the Spanish Imperial Eagle (Aquila adalberti)*. BirdLife International, European Commission.
- Howard, R. & A. Moore 2003. *A complete checklist of Birds of the World*. 3<sup>rd</sup> edition. Princeton University Press.
- ICN in press. *Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal (revisão)*. Instituto da Conservação da Natureza. Lisboa.
- Lourenço, R.F. 2000. *Distribuição, Situação populacional e Ecologia trófica do Bufo-real (Bubo bubo Linnaeus, 1758) no Nordeste Algarvio*. Relatório não publicado. FCUL. Lisboa.
- Lourenço, R.F. 2002. Bufo-real, a maior ave nocturna de Portugal. *Cortiçol* 10. CEAL. Évora.
- Lourenço, R.F., M.P. Basto, R. Cangarato, M.C. Álvaro, V.A. Oliveira, S. Coelho & M.C. Pais 2002. The Owl (Order Strigiformes) assemblage in the North-Eastern Algarve. *Airo* 12: 25-33.
- Lourenço, R.F. 2004. *Monitorização do Bufo-real Bubo bubo na área de regolho da Albufeira de Pedrogão*. Relatório não publicado. ERENA/Universidade de Évora/EDIA.
- Martínez, J.A. & I. Zuberogoitia 2001. The response of the Eagle Owl (*Bubo bubo*) to an outbreak of the rabbit haemorrhagic disease. *Journal fur Ornithologie* 142: 204-211.
- Martínez, J.A. & I. Zuberogoitia 2003. Búho Real *Bubo bubo*. 316-317. In: R. Martí & J.C. del Moral (eds). *Atlas de las Aves Reproductoras de España*. Dirección General de Conservación de Naturaleza, Sociedad Española de Ornitología. Madrid.
- Martínez, J.A., I. Zuberogoitia & R. Alonso 2002. *Rapaces nocturnas. Guía para la determinación de la edad y el sexo en las Estrigiformes ibéricas*. Monticola Ediciones. Madrid.
- Martínez, J.A., D. Serrano & I. Zuberogoitia 2003. Predictive models of habitat preferences for the Eurasian eagle owl *Bubo bubo*: a multiscale approach. *Ecography* 26: 21-28.
- Martínez, J.E. & J.F. Calvo 2000. Selección de hábitat de nidificación por el Búho Real en ambientes mediterráneos semiáridos. *Ardeola* 47: 215-220.
- Martínez, J.E. & J.F. Calvo 2001. Diet and breeding success of Eagle Owl in Southeastern Spain: effect of rabbit haemorrhagic disease. *Journal of Raptor Research* 35: 259-262.
- Martínez, J.E., M.A. Sanchez, D. Carmona, J.A. Sanchez, A. Ortuño & R. Martínez 1992. The ecology and conservation of the Eagle Owl *Bubo bubo* in Murcia, south-east Spain. In: C.A. Gailbraith, I.R. Taylor & S. Percival (eds) *The ecology and conservation of European owls*. JNCC. UK Nature Conservation 5. Peterborough. 84-88.

- Meffe, G.K. & C.R. Carrol (eds) 1997. *Principles of conservation biology*. 2nd edition. Sinauer. Sunderland.
- Mira, A.P. 1995. *Inventário/Caracterização dos mamíferos do parque Natural da Serra de S. Mamede*. Relatório não publicado. PNSSM, ICN. Lisboa.
- Mikkola, H. 1983. *Owls of Europe*. T&AD Poyser. Londres.
- Mikkola, H. 1994. Eagle Owl *Bubo bubo*. In: G.M. Tucker & M.F. Heath (eds) *Birds in Europe: their conservation status*. BirdLife International. Cambridge. 326-327.
- Newton, I. 1979. *Population Ecology of Raptors*. T&AD Poyser. Londres.
- Newton, I. 1998. *Population Limitation in Birds*. Academic Press. Londres.
- Newton, I. 2003. *Speciation and Biogeography of birds*. Academic Press. Londres.
- Olsson, V. 1997. Breeding success, dispersal and long-term changes in a population of Eagle Owls *Bubo bubo* in southeastern Sweden 1952-1996. *Ornis Svecica* 7: 49-60.
- Penteriani, V. 1996. *Il Gufo Reale*. Calderini Edagricole. Bologna.
- Penteriani, V., M. Gallardo, P. Roché & H. Cazassus 2001. Effects of landscape spatial structure and composition on the settlement of the eagle owl *Bubo bubo* in a Mediterranean habitat. *Ardea* 89: 331-340.
- Penteriani, V., M.M. Delgado, M. Gallardo & M. Ferrer 2004a. Spatial heterogeneity and structure of bird populations: a case example with the eagle owl. *Population Ecology* 46: 185-192.
- Penteriani, V., M.M. Delgado, C. Maggio, A. Aradis & F. Sergio 2004b. Development of chicks and predispersal behaviour of young in the Eagle Owl *Bubo bubo*. *Ibis* 146: 155-168.
- Pinheiro, A. 2003. *Biologia e ecologia do Bufo-real (Bubo bubo) na área de regolfo de Alqueva e Pedrogão*. Tese de Mestrado não publicada. Universidade de Évora.
- Polis, G.A., C.A. Myers & R.D. Holt 1989. The ecology and evolution of intraguild predation: potential competitors that eat each other. *Annual Review of Ecology and Systematics* 20: 297-330.
- Purroy, F. 1997. *Atlas de las Aves de España (1975-1995)*. Lynx. Barcelona.
- Ricklefs, R. E. 1990. *Ecology*. W.H. Freeman & Co. Nova Iorque.
- Rubolini, D., E. Bassi, G. Bogliani, P. Galeotti & R. Caravaglia 2001. Eagle Owl *Bubo bubo* and power line interactions in the Italian Alps. *Bird Conservation International* 11: 319-324.
- Rufino, R. (coord) 1989. *Atlas das Aves que nidificam em Portugal Continental*. SNPRCN. Lisboa.

- Ruiz-Martínez, I., J.A. Hodar & I. Camacho 1996. Cantonnement et comportement vocal du Grand-duc d'Europe *Bubo bubo* dans les Monts de la Sierra Morena (Sud de l'Espagne). *Alauda* **64**: 345-353.
- Santos, S. 1998. *Rapina Nocturnas (Aves, Strigiformes) do Parque Natural da Serra de São Mamede*. Relatório não publicado. FCUL. Lisboa
- Sergio, F., L. Marchesi, P. Pedrini, M. Ferrer & V. Penteriani 2004. Electrocution alters the distribution and density of a top predator, the eagle owl *Bubo bubo*. *Journal of Applied Ecology* **41**: 836-845.
- Sibley, C.G. & B.L. Monroe 1996. *A World Checklist of Birds*. Yale University Press. New Haven.
- Snow, D.W. & C.M. Perrins (eds) 1998. *Birds of the Western Palearctic. Concise edition*. Oxford University Press. Oxford.
- Steenhof, K., M.N. Kochert & T.L. McDonald 1997. Interactive effects of prey and weather on golden eagle reproduction. *Journal of Animal Ecology* **66**: 350-362.
- Sutherland, W.J. 2000. *The conservation handbook – research, management and policy*. Blackwell. Oxford.
- Tavares, J. P., M. P. Abreu, L P. Castro, L. M. Moreira & F. Petrucci-Fonseca 1989. Estudo dos hábitos alimentares da Águia-real (*Aquila chrysaetos* L.), do Bufo-real (*Bubo bubo* L.) e da Coruja-das-torres no Parque Natural de Montesinho. *Actas do II Congresso de Áreas protegidas*. Lisboa. 425-434.
- Viñuela, J. & J.P. Veiga 1992. Importance of rabbits in the diet and reproductive success of Black Kites in southwestern Spain. *Ornis Scandinavica* **23**: 132-138.
- Voous, K.H. 1977. *List of Recent Holarctic Bird Species*. BOU. Londres.



## Agradecimentos

Esta dissertação de mestrado surge de um acumular de informação referente aos hábitos alimentares do Bufo-real. A recolha de dados teve início em Maio de 1999 na sequência do estágio de licenciatura em biologia, tendo prosseguido no âmbito de projectos do CEAI e depois especificamente para este mestrado. Adicionalmente também foi incluída informação recolhida anteriormente pela Sara Santos, no âmbito do seu estágio de licenciatura. Desta forma, todo este tempo reflecte-se positivamente no número de pessoas que contribuíram para que eu tenha aprendido sempre mais sobre os bufos e a nossa exclusiva e fascinante “ecologia mediterrânica”.

Quero então agradecer muito sincera e caoticamente a:

Prof. João Rabaça, pela orientação desta tese de mestrado. Vincenzo Penteriani pela revisão dos artigos científicos, fornecimento de muita bibliografia e acolhimento em Sevilha para andar atrás dos bufos. Prof. António Mira pelos conselhos úteis sobre presas com pêlos, bibliografia e apoio. Prof. Paulo Sá Sousa e Prof.<sup>a</sup> Isabel Ramos, pelos conselhos durante o estado embrionário da tese (projecto e seminário). Prof.<sup>a</sup> Maria da Luz Mathias, pela orientação do estágio de licenciatura e ajuda com os mamíferos, refeição de bufos. Carlos Pimenta, Marta Moreno e Simon Davis pelo apoio prestado nas visitas à fabulosa Osteoteca do Instituto Português de Arqueologia. José António Martínez, Javier Viñuela e Fabrizio Sergio pela bibliografia cedida. Miguel Pais, o culpado de eu andar atrás dos bufos, pela orientação do estágio, conselhos, apoio e amizade. Maria del Mar Delgado, colega bufónica, pela revisão dos artigos. A malta do CEAI e projecto “escorredores”, os fabulosos: Rogério Cangarato (epá aqueles nevoeiros celestiais!), Carla Janeiro, Sofia Janeiro, Nuno Pedroso, Joaquim Pedro Ferreira, Sérgio Pereira, Rita Alcazar, Tiago Marques, Susana Coelho, Marta Cruz, Jesus Caballero, Raquel Barata, Guida, Vânia, João Luís e ainda os esquecidos. Os meus espantosos amigos e ajudantes de campo: Iván Prego (o mocho-galego virado sisão), Sophie Chollet, David Térneré, Isaac Naz, Meritxell Portella. Aos amigos do NE-Alg: Sofi, Chiara, Bulão, Chiki, Bruno, Paula, Guida, Odília, Cristina, Tiago, Mário, Dinis, Zé Manel Corvo e restantes acolhedores habitantes. Mafalda Basto, carinhosamente ursinha (mas também foca), amiga e colega de corredores, CEAI e ainda mestrado. Vanessa Oliveira, carinhosamente outra ursinha, amiga e tri-colega também. Ana Golondrina, carinhosamente andorinha, amiga e igualmente mestriana (ratonera!). Aos melhores dos melhores, os colegas de mestrado: Carlos Conspicillata Godinho, Inês Corujas Roque, Mafalda Tyto Costa, João Paulo Sisão Silva (também pelo apoio no PNSSM), Andreia Terrário, Carlos Mesor Palma, Fernando Colisão, Ricardo DJ Pita, Nélson da Tese Indefinida, Dulce Natura 2000, Luís Morcego Jordão, Frederico Mestre em Biomapper, Cláudia Etnobotânica, Rita Oryctolagus. Esta é a geração conservação (Conservation Generation!). Por mais qualquer ajuda e apoio ainda: Luís Palma, Pedro Beja, Ricardo Tomé, Dália Freitas, Filipe Ribeiro, Ana Neves, Ana Pires, Nuno Rambo, João do Plâncton, Inês Sousa, Rui Rebelo e Carlos Franco (ajuda essencial no PNSSM). Amigos biólogos e apoiantes incondicionais deste bufo amigo: Catarina Afonso, Catarina Martins, Gonçalo, Tiago, Gabi, Vítor, Irina, Rita, Ana Maria, Ana Lúcia, Eduardo, Vanessa Z. (e o seu Nuno H.), Florbela, Rui Pedroso, Bárbara Abelho e tantos outros que me esqueci e nunca me perdoarão. E ainda os amigos: Ricardo Santini, Catarina e Nuno, Palhas, Alexandre, Marta (a irmã capilar). Muito especiais, as minhas duas irmãs de estágio, eternamente adoráveis amigas, Inês e Marisa, pela ajuda, apoio, campo, diversão: gosto muito de ambas! Imprescindível referir a imensa teimosia de uma grande vaca verde (coisa louca que galga montes de frente e de costas, se você estiver está lá! Muuuuu) que me acompanhou a todos os recantos bufónicos, a seu próprio prejuízo (4 pneus furados, transmissão empenada, um pára-choques a menos, cruzetas partidas duas vezes, bateria fanada e atascanços q.b.) (o problema só pode estar no condutor!). Aos bufos, bicho lindo esse! Aos meus pais e à minha linda maninha por tanto apoio, carinho e compreensão. E se os últimos são os mais importantes, agradeço por fim à Sara, a mais linda princesa, por um rol infinito de coisas.